

# **Melhoria dos fluxos de material e informação na montagem de embalagens de aerossóis**

*Joana Ricardo Moreira de Faria Queirós*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof<sup>ª</sup> Maria Henriqueta Sampaio da Nóvoa



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2015-07-01

*Aos meus pais*

*Ao meu irmão*

## Resumo

A crescente competitividade do mercado tem contribuído para um aumento da necessidade de otimização dos processos, com o objetivo de reduzir os custos e aumentar a produtividade. Cada vez mais as empresas enfrentam o desafio de se distinguirem dos seus competidores, mantendo margens suficientes que proporcionem o seu crescimento. Esta dissertação surge no âmbito da realização de um projeto em ambiente empresarial com o objetivo de melhorar os fluxos de material e informação numa área produtiva de montagem de embalagens de aerossóis.

De facto, era óbvio no início do projeto que esta área apresentava algumas falhas de fluxo em alguns dos seus principais processos. Para ser possível identificar quais os problemas mais críticos, observou-se detalhadamente o processo de montagem e desenvolveram-se ferramentas que permitiram quantificar os principais desperdícios. Foram usadas diferentes ferramentas de acordo com as necessidades de identificação do problema: *checklists*, vídeos, o sistema de informação da empresa e outras ferramentas que se revelaram adequadas ao problema específico. Foi ainda desenvolvido um modelo de simulação com recurso a um simulador, onde foi possível recriar um modelo com os processos típicos de uma zona desta área de montagem. Com o auxílio deste modelo foi possível testar de forma simples diferentes configurações possíveis para esta área.

Numa fase posterior, após terem sido analisados os principais problemas presentes no processo, foram desenhadas soluções que procuraram eliminar e reduzir as principais fontes de desperdício nesta área produtiva. Foram implementadas algumas soluções típicas deste tipo de problemas de logística interna, que têm como base filosofias *lean*, adaptadas de acordo com os constrangimentos e necessidades apresentados na empresa.

Após ter sido concluído o projeto, foram controladas as soluções implementadas e foi verificado o sucesso das mesmas, com obtenção de resultados bastante promissores. Este controlo foi realizado com recurso a ferramentas semelhantes às utilizadas durante a análise ao problema inicial. O uso de um programa de simulação foi crucial para se conseguir prever resultados a longo prazo, resultados esses que, sem recurso a este tipo de modelos, não seriam obtidos em tão curto espaço de tempo. Foi possível corroborar o sucesso que este tipo de soluções iniciadas pela Toyota têm tido ao longo dos tempos, ficando claro que a aplicação deste tipo de ferramentas é vital para que as organizações se mantenham competitivas.

# **Improvement of material and information flows in the assembly of aerosol packages**

## **Abstract**

The fast growth of competitiveness has contributed to an increased need of processes optimization, which leads companies to reducing its costs and increase productivity. Businesses increasingly face the challenge to distinguish themselves from their competitors while maintaining sufficient margins to provide growth. This dissertation comes under the realization of a project on a business environment in order to improve the flow of materials and information in a productive area of aerosol packages assembly.

In fact, it became obvious at the beginning of the project that this area had several flow failures in some of its key processes. To be able to identify the most critical problems, it was observed in detail the assembly process and some tools were developed to quantify the main waste. There were used different tools according to the problem identification needs: checklists, videos, internal information system and other tools that have proved suitable for the specific problem. It was also developed a simulation model using a simulator, which permitted to recreate a model with typical processes of a section of this assembly area. With the aid of this model, it was possible to simply test different possible configurations for this area.

At a later stage, after the examination of the main problems present in the process, solutions were designed to eliminate and reduce the main sources of waste in the production area. Some typical solutions of this type of internal logistics problems were implemented, based on lean philosophies, and adapted according to the constraints and requirements presented in the company.

After the conclusion of the project, the solutions implemented were controlled and it was verified the success of the same, obtaining promising results. This control was conducted using similar tools to those used during the analysis to the initial problem. The use of a simulation program revealed crucial to be able to forecast long-term results, which were not possible to obtain in such a short-time without the recourse to this type of models. It was possible to corroborate the success that this type of solutions initiated by Toyota have had over the years, proving that the application of such tools is vital for organizations in order to remain competitive.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha orientadora da FEUP, Prof. Maria Henriqueta Nóvoa, pela disponibilidade demonstrada, pela constante preocupação e por todo o acompanhamento prestado ao longo da realização da dissertação.

Ao meu orientador da Colep Portugal S.A., Engenheiro Alexandre Sá, por todo o apoio no desenvolvimento do presente projeto, pelo conhecimento transmitido e pela confiança constante no meu trabalho e no sucesso do mesmo.

À Rita, a pessoa com quem mais tive contacto na empresa ao longo destes últimos meses, por todos os momentos que partilhámos, por todo o apoio incondicional, por todos os dias que me aturou e por toda a motivação que sempre me transmitiu.

Aos meus colegas estagiários, pela partilha e companheirismo.

Um agradecimento a toda a equipa de melhoria contínua pela aprendizagem que me proporcionou nesta área e por toda a disponibilidade demonstrada para apoiar o meu projeto.

Gostaria de agradecer ao José Carlos Sousa e ao António Almeida, da área de logística interna, pela constante disponibilidade na transmissão de conhecimento e de informações que se revelaram essenciais para o conhecimento dos fluxos de material e informação na área de montagem de aerossóis.

Aos *cell leaders* da área de montagem de aerossóis, Rui Pinheiro, Ricardo Azevedo e Abel Peixoto, e à dona Emília, que me apoiaram ao longo do projeto e acreditaram sempre nas possíveis melhorias conseguidas com o mesmo.

Um agradecimento a todos os operadores da Colep Portugal S.A., porque sem a colaboração deles seria impossível realizar um projeto com sucesso na área produtiva.

Gostaria de agradecer ao João Alves, pelo tempo que disponibilizou na transmissão de conhecimentos de simulação de processos, bem como na explicação acerca do funcionamento de um programa de simulação utilizado na realização do projeto.

Por todos os momentos indescritíveis ao longo destes últimos cinco anos e por me fazerem acreditar que os amigos da faculdade ficam para toda a vida, um obrigada àqueles que sabem que têm um lugar muito especial na minha vida, aos meus grandes amigos.

Ao Nuno, por me fazer acreditar sempre em mim, por toda a paciência em todos os momentos, pelo carinho constante e por tudo aquilo que já demonstrou fazer por mim.

Ao meu irmão, um reguila incurável, mas sempre com uma palavra de carinho e apoio nos momentos mais importantes.

Um agradecimento muito especial aos meus pais, por todo o amor, por tudo o que me proporcionaram para conseguir chegar até aqui, pelo constante apoio na realização dos meus sonhos, pela confiança e orgulho sempre demonstrados. Sem eles, nada disto seria possível.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	Apresentação da empresa e da área produtiva .....	1
1.3	Objetivos do projeto .....	3
1.4	Método seguido no projeto .....	3
1.5	Estrutura da dissertação .....	4
2	Enquadramento teórico .....	5
2.1	<i>Lean Thinking</i> .....	5
2.2	Os sete desperdícios .....	7
2.3	Soluções <i>lean</i> .....	9
2.3.1	Supermercado .....	9
2.3.2	Sincronização .....	10
2.3.3	Bordo de linha .....	12
2.3.4	Comboio Logístico .....	12
2.3.5	Caixa de nivelamento .....	13
2.4	Outras ferramentas de análise .....	13
2.4.1	Mapeamento de processo .....	13
2.4.2	Modelos de Simulação .....	14
3	Situação inicial .....	15
3.1	Caracterização da área produtiva .....	15
3.2	Descrição do processo produtivo .....	15
3.3	Avaliação das necessidades de material consumido em cada linha produtiva .....	17
3.4	Operadores necessários no processo produtivo .....	18
3.5	Fluxos na área produtiva da montagem de aerossóis .....	18
3.5.1	Abastecimento dos componentes principais .....	19
3.5.2	Abastecimento de cobre .....	19
3.5.3	Abastecimento de verniz .....	20
3.5.4	Abastecimento de materiais necessários no paletizador .....	20
3.6	Análise de desperdícios .....	21
3.6.1	Observação dos desperdícios .....	21
3.6.2	Quantificação dos desperdícios .....	22
4	Soluções propostas .....	33
4.1	<i>Kanban</i> .....	33
4.1.1	Principais resultados .....	36
4.2	Sequenciador de produção .....	37
4.2.1	Principais Resultados .....	38
4.3	Supermercado .....	39
4.3.1	Supermercado 1 .....	40
4.3.2	Supermercado 2 .....	48
4.4	Pesagem de retornos .....	49
4.5	Síntese .....	50
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro .....	52
	Referências .....	55
ANEXO A:	<i>Layout</i> da área da montagem de embalagens de aerossóis .....	57
ANEXO B:	Documento de classificação dos sete desperdícios .....	58
ANEXO C:	<i>Checklist</i> para as linhas de montagem .....	59
ANEXO D:	Exemplo de folha de excel alimentada ao simulador .....	60
ANEXO E:	Stock médio de inventário .....	61

ANEXO F:	Análises de Pareto.....	62
ANEXO G:	Folha de registos de retornos .....	63
ANEXO H:	Instrução de trabalho .....	64
ANEXO I:	Desenho 2D do carrinho.....	65

## Siglas

JIT – *Just-in-Time*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*



## Índice de Figuras

Figura 1 - Áreas de negócio da Colep Portugal .....	2
Figura 2 - Esquema ilustrativo dos fornecedores internos da montagem de aerossóis .....	3
Figura 3 - Cartão <i>kanban</i> . Fonte: (4Lean 2011).....	11
Figura 4 – Sequenciador. Fonte: (4Lean 2011) .....	11
Figura 5 - Bordo de linha. Fonte: (4Lean 2011) .....	12
Figura 6 - Comboio logístico. Fonte:(Marchetti 2012) .....	12
Figura 7 - Descrição do processo produtivo .....	16
Figura 8 - Linha de montagem e materiais .....	17
Figura 9 - Caixa de Nivelamento.....	18
Figura 10 - Estante para ordens de produção .....	18
Figura 11 - Esquema de abastecimento .....	19
Figura 12 - Localizações de cartão na fábrica .....	20
Figura 13 - Peso relativo dos sete desperdícios na área produtiva .....	21
Figura 14 - Mapa de processo dos fluxos de material e informação na montagem de aerossóis .....	23
Figura 15 - Tempo de paragem por atrasos no transporte em cada linha.....	24
Figura 16 - Número de paragens por material .....	25
Figura 17 - Número de paragens por turno de trabalho .....	25
Figura 18 - Representação do modelo de simulação .....	26
Figura 19 - Validação dos dados do simulador.....	28
Figura 20 - Stock médio de cantos .....	29
Figura 21 - Análise de Pareto de referências de cantos.....	30
Figura 22 - Análise dos desvios nos retornos realizados .....	31
Figura 23 – Cartão <i>kanban</i> para folha-de-flandres .....	34
Figura 24 - Mapa de processo do sistema <i>kanban</i> .....	34
Figura 25 - Implementação do sistema <i>kanban</i> : a) Máximo material presente na linha; b) Falta de fundos na linha e existência de retornos; c) O empilhador encontra-se a transportar fundos. ....	35
Figura 26 - Marcas de retorno para cúpulas e fundos .....	35
Figura 27 - Placa para folha de retorno .....	35
Figura 28 - Paragens das linhas antes e depois do sistema <i>kanban</i> .....	36
Figura 29 - Aumento do número de aerossóis produzidos em 15 dias com o sistema <i>kanban</i> .....	37
Figura 30 – Protótipo de sequenciador .....	38
Figura 31 - Sequenciador .....	38
Figura 32 - Operador a retirar ordem de produção .....	38
Figura 33 - Operador a deslocar separador .....	38
Figura 34 - Implementação do supermercado 1 .....	41
Figura 35 - Suporte para <i>kanbans</i> de material do armazém .....	42
Figura 36 - Mapa de processo do sistema <i>kanban</i> de apoio ao supermercado .....	42
Figura 37 - Desenho 3D do carrinho .....	44
Figura 38 - Carrinho a auxiliar o transporte .....	44

Figura 39 - Carrinho com função de bordo de linha.....	44
Figura 40 - Stock médio de cantos e planos de troca antes e depois do supermercado 1 .....	46
Figura 41 - Interface de pesagem dos retornos para o operador .....	50

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Relação da taxa de rutura de stocks e o parâmetro K .....	10
Tabela 2 - Tempo de movimentação gasto para retirar as ordens de produção .....	22
Tabela 3 - Tempo de movimentação gasto para acondicionar aerossóis .....	24
Tabela 4 - <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> do modelo de simulação .....	27
Tabela 5 - Resultados obtidos com a simulação do modelo inicial .....	28
Tabela 6 - Resultado dos desvios nos retornos realizados .....	32
Tabela 7 - Resumo dos problemas e ferramentas usadas .....	32
Tabela 8 – Tempo eliminado de movimentação para retirar ordens .....	39
Tabela 9 - Alocação de cada tipo de material aos supermercados .....	40
Tabela 10 - Alteração do número de referências de cantos e planos de troca na fábrica .....	40
Tabela 11 - Cálculo do nível de reaprovisionamento do supermercado 1.....	41
Tabela 12 - Cadência da linha 12 de montagem .....	43
Tabela 13 - Dimensionamento do carrinho .....	44
Tabela 14 - Principais resultados da implementação do supermercado 1 e carrinho .....	45
Tabela 15 - Redução do tempo de acondicionamento de paletes.....	45
Tabela 16 - Redução do stock médio de cantos e planos de troca .....	46
Tabela 17 - Resultados da simulação do modelo implementado .....	47
Tabela 18 - Redução do tempo de transporte .....	47
Tabela 19 - Resultados obtidos com a simulação da solução alterada .....	48
Tabela 20 - Alteração do número de referências de separadores na fábrica.....	48
Tabela 21 - Cálculo do nível de reaprovisionamento do supermercado 2.....	49
Tabela 22 - Redução do stock médio de separadores .....	49
Tabela 23 - Síntese das soluções .....	51

## **1 Introdução**

No âmbito da dissertação do 2º semestre do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi proposto o presente projeto que visava o estudo e melhoria dos fluxos de material e informação numa área produtiva de montagem de aerossóis. A metodologia seguida baseou-se nas técnicas usadas no âmbito da logística interna, durante um período de quatro meses numa empresa industrial de embalagens metálicas.

### **1.1 Enquadramento do projeto e motivação**

Com a competitividade cada vez mais forte entre as empresas é imperativo reduzir desperdícios e aumentar a eficiência das operações. Este projeto surge assim no âmbito da melhoria dos fluxos de produção de uma área produtiva de montagem de embalagens de aerossóis.

A eliminação de desperdício traduz-se sempre em ganhos para a empresa por uma de duas formas possíveis: quer através de uma diminuição de recursos, mantendo a produtividade, ou através de um aumento da produtividade, mantendo os recursos. Este é o princípio que está na base da análise de fluxos numa empresa, a partir da qual se podem conseguir ganhos significativos. Em empresas industriais, um excessivo foco na eficiência das linhas pode frequentemente retirar a atenção devida aos processos de apoio à produção. No entanto, é importante realçar que a redução dos desperdícios nestes processos pode também ter consequências positivas a nível desta eficiência.

Deste modo, realizar um projeto de análise sistemática destes desperdícios, com recurso a uma vasta panóplia de técnicas no âmbito da logística interna, adaptadas ao contexto específico de uma empresa de manufatura, é sempre um desafio motivador. O presente projeto foi realizado na Colep Portugal e foi desenvolvido na área produtiva referente à montagem de embalagens de aerossóis.

### **1.2 Apresentação da empresa e da área produtiva**

A Colep, S.A. é uma empresa que atua no setor industrial de bens de consumo. Fundada no ano de 1965, em Vale de Cambra, a empresa começou por fazer parte da indústria de embalagens metálicas decorativas, e, apenas mais tarde, alargou o seu ramo de atividade, iniciando a produção de embalagens industriais, alimentares e aerossóis. A Colep é ainda capaz de satisfazer as necessidades dos clientes relativamente à formulação do produto, *design* das embalagens e construção de protótipos.

Em 2001, a Colep foi adquirida na sua totalidade pelo grupo RAR, o que se revelou crucial para a sua expansão internacional. Nesse mesmo ano, foi construída uma fábrica na Polónia dando origem à Colep Polónia. Esta expansão estratégica foi alargada e, atualmente, a empresa é responsável por um amplo alcance geográfico, atingindo vários pontos do mapa.

Na Europa, possui dez unidades industriais e é líder na venda de aerossóis e produtos líquidos com fábricas distribuídas por países como a Polónia, Alemanha e Portugal.

No ano de 2014, a Colep atingiu um volume de negócios na ordem dos 512 milhões de euros, tendo verificado um crescimento de cerca de 3% relativamente ao ano anterior. Durante o último ano foram feitos investimentos de aproximadamente 13 milhões de euros, com o objetivo de aumentar a eficiência e flexibilidade das fábricas, mantendo a qualidade, segurança e proteção ambiental.

A Colep Portugal apresenta três diferentes áreas de negócio: *packaging*, *filling* e *co-packing*, como representado na Figura 1. A área do *packaging* é responsável por produzir as embalagens plásticas e metálicas, sejam elas industriais, alimentares ou aerossóis. O *filling* é a unidade onde se produzem os produtos de higiene e produtos de *homecare*, procedendo posteriormente ao seu enchimento em embalagens. Finalmente, a fábrica de *co-packing* garante o reembalamento de produtos em formato de *packs* promocionais ou *blisters*.

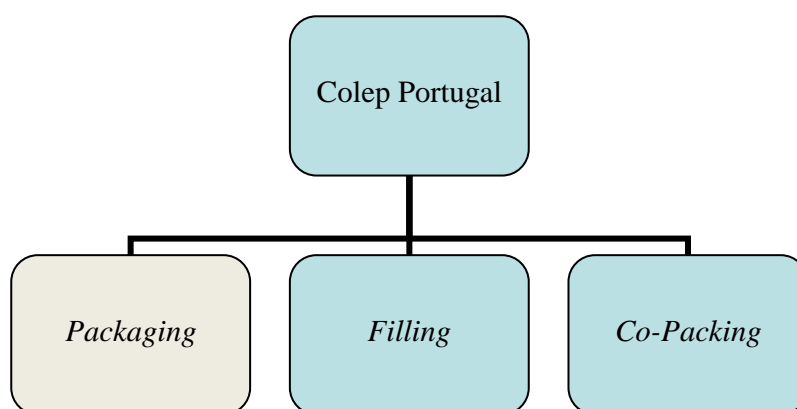


Figura 1 - Áreas de negócio da Colep Portugal

O presente projeto foi realizado na área do *packaging*. Esta área tem como principais setores as embalagens plásticas, as embalagens metálicas e a litografia.

A fábrica dos plásticos produz embalagens plásticas e divide-se em duas áreas: injeção e insuflação.

As embalagens metálicas dividem-se em aerossóis e *general line* (industriais e alimentares). Todos os componentes de embalagens metálicas, sejam elas para fins alimentares, industriais ou aerossóis, são produzidos com folha-de-flandres. Este material é a matéria-prima necessária para a produção de embalagens e é comprado a fornecedores externos em formato de *coil*. A folha é previamente cortada e impressa na unidade de litografia.

Na fábrica das embalagens metálicas existem duas áreas de estampagem: a estampagem de aerossóis, onde se produzem fundos e cúpulas, e a estampagem de *gerenal line*, que é responsável pela produção de fundos e tampos para as respetivas embalagens. Na mesma unidade de embalagens metálicas, distinguem-se ainda as áreas de montagem: montagem de aerossóis, industriais e alimentares.

A área produtiva, onde incidiu o projeto apresentado no presente relatório, é a área de montagem de embalagens de aerossóis. Esta área apresenta como principais fornecedores internos a litografia e a estampagem de aerossóis. A litografia, área produtiva onde se transforma a folha virgem em folha pronta para ser montada e constituir o corpo de uma embalagem metálica, tem ainda como responsabilidade o pré-corte da folha usada pela estampagem. Por sua vez, a estampagem de aerossóis produz os fundos e cúpulas que são cravados no corpo cilíndrico do aerossol. A representação desta relação entre as áreas produtivas encontra-se representada na Figura 2.

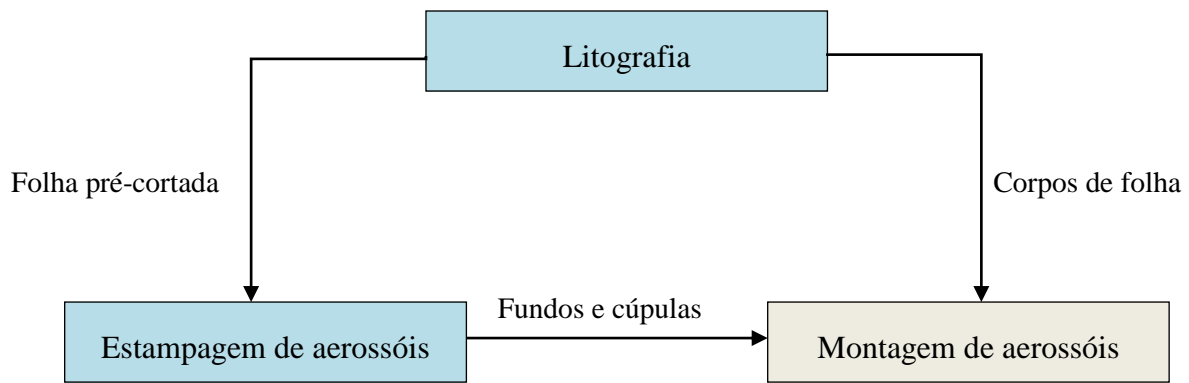


Figura 2 - Esquema ilustrativo dos fornecedores internos da montagem de aerossóis

Esta área produtiva da montagem de embalagens de aerossóis deu origem ao desenvolvimento de um projeto desafiante, visto que os aerossóis representam uma parte significativa dos resultados brutos e líquidos da empresa. Deste modo, todas as melhorias conseguidas nesta área produtiva são imediatamente traduzidas em ganhos para a empresa.

Esta unidade produtiva tem como objetivo criar o produto acabado para o cliente final, sendo que os aerossóis são montados com base em pedidos feitos pelo cliente. Os corpos de folha chegam a esta área de montagem já impressos, o que significa que este material só pode ser utilizado para montar aerossóis de um determinado cliente. Os fundos e cúpulas, como não são impressos e não têm nenhuma impressão relativa ao cliente final, podem ser usados para mais do que um tipo de aerossol. Ainda assim, é de referir que cada embalagem necessita de referências específicas deste tipo de material, que podem variar em tamanho, cor e outras características físicas. A necessidade de se produzir exatamente a quantidade pedida pelo cliente incluindo os materiais específicos exigidos em cada pedido, obriga à existência de diferentes ordens de produção por cliente final, aumentando muito a complexidade dos fluxos necessários na área produtiva de montagem de embalagens de aerossóis.

Deste modo, a otimização dos fluxos de material e informação tornou-se um objeto de estudo crítico para a empresa.

### 1.3 Objetivos do projeto

O problema apresentado pela empresa prendia-se com a melhoria dos fluxos nesta área produtiva de montagem de aerossóis. Deste modo, os objetivos do projeto passam por:

1. Detetar e quantificar os principais problemas;
2. Reduzir e eliminar os problemas e desperdícios identificados.

O desenvolvimento do projeto tinha assim de passar pela identificação dos problemas que mais afetam a empresa nesta área produtiva, pela escolha dos recursos mais adequados à sua quantificação e, por fim, pela eleição de soluções que poderiam resultar em melhorias face à situação de desperdício inicial.

Os objetivos que o projeto pretende atingir estão relacionados com a melhoria dos fluxos na montagem de aerossóis, através da redução ou eliminação de desperdícios e, consequentemente, de problemas que afetem negativamente a empresa e os seus resultados.

### 1.4 Método seguido no projeto

Embora este projeto seja inequivocamente um projeto relevante para a empresa, havia que detalhar e analisar os fluxos de material e informação na produção de aerossóis. Com base neste pressuposto, foram definidas quatro principais fases para a realização do projeto:

1. **Análise e definição do problema:** A primeira fase foi definida para a análise inicial dos fluxos de material e informação na área produtiva da montagem de embalagens de aerossóis e, paralelamente, para o levantamento dos principais desperdícios e problemas. O método de observação e as questões colocadas a quem lida diariamente com os processos (operadores e responsáveis) foram as fontes principais desta análise inicial do processo;
2. **Medição do problema:** Depois da primeira fase estar concluída, a fase seguinte passou por quantificar os problemas observados na fábrica. Antes deste estudo, foi necessário perceber que tipo de ferramentas e dados seriam mais vantajosos para quantificar cada problema. Alguns dados puderam ser consultados no sistema de informação presente na empresa (SAP), outros foram medidos durante o projeto e, no momento em que esta análise se revelou mais complexa, foi utilizado um *software* de simulação para simular o problema, tendo por base os dados do ano de 2014;
3. **Desenho de soluções:** A fase que se seguiu após a quantificação dos problemas detetados na primeira análise foi o desenho e implementação de soluções. As soluções foram elaboradas com base em conhecimentos absorvidos na revisão da literatura e adaptados à situação da empresa. Quando pertinente, foi usado novamente o *software* de simulação para testar o comportamento de algumas soluções a longo prazo e para se confrontar com a simulação da situação inicial previamente criada. As soluções que envolveram linhas de montagem foram primeiro testadas numa linha piloto no sentido de se analisar previamente o impacto das mesmas;
4. **Controlo das soluções:** Terminadas as implementações que levaram a melhorias dos fluxos de material e informação, os resultados das mesmas foram quantificados e contrastados com os resultados medidos na abordagem inicial ao problema.

## 1.5 Estrutura da dissertação

A estrutura da presente dissertação procurou traduzir a estrutura do desenvolvimento do projeto realizado. No presente capítulo foi feita uma breve descrição do problema proposto, apresentando-se o contexto do projeto e os objetivos traçados para o mesmo. Foi apresentada com algum detalhe a empresa e a área produtiva na qual o projeto foi realizado.

No segundo capítulo, que diz respeito ao enquadramento teórico, foram estudados os conceitos diretamente relacionados com o tema do problema proposto, bem como o tipo de ferramentas e técnicas de análise normalmente usadas neste tipo de problemas.

O terceiro capítulo é dedicado à análise da situação inicial, no qual foram explicados os fluxos de material e informação na montagem de embalagens de aerossóis e identificados e quantificados os principais problemas.

Seguidamente, o capítulo 4 apresenta as soluções desenhadas aquando do desenvolvimento do projeto, assim como os resultados obtidos com as mesmas.

Para concluir, no quinto capítulo são descritas algumas conclusões e possíveis trabalhos futuros no âmbito do projeto.

## 2 Enquadramento teórico

A crescente preocupação com a redução de custos nas empresas leva a uma cada vez maior preocupação com o desenvolvimento de soluções inovadoras que consigam reduzir estes custos. A ideia que os desperdícios são um problema crítico em qualquer fábrica que tem de ser resolvido é cada vez mais pertinente. O conceito estrito de desperdício pode referir-se a matéria-prima defeituosa, ou, num contexto mais abrangente, a todas as atividades que não adicionam valor para o cliente. Ao longo deste capítulo fez-se uma revisão das filosofias de gestão mais conhecidas que têm como objetivo principal a redução/eliminação do desperdício, bem como das principais soluções normalmente aplicadas na resolução deste tipo de problemas. Por fim, são apresentadas algumas ferramentas de análise, que se revelaram essenciais para o desenvolvimento do projeto.

### 2.1 *Lean Thinking*

O conceito *lean thinking* nasceu com James Womack e Daniel Jones, no ano de 1996, aquando da realização da obra com o mesmo nome. O pensamento *lean* é hoje uma filosofia conhecida em todo o mundo, tendo como principais objetivos a eliminação do desperdício e a criação de valor. Apelidada pelos seus autores de “antídoto para o desperdício”, esta filosofia é aplicada nas mais diversas áreas económicas e setores de atividade (Pinto 2014).

Este pensamento tem vindo a ser desenvolvido intensamente ao longo dos últimos anos, traduzindo-se no sucesso de empresas como a Toyota Motors Corporation (em 2007 foi considerada a primeira na indústria automóvel), a Dell ou a Zara, que atingiram ganhos significativos com a implementação do que, em português é referido como “pensamento magro”. Graças a estas grandes empresas e a todos os seus precursores que contribuíram com a sua experiência e uso intensivo destas práticas, o *lean thinking* tem crescido muito e tem sido implementado nos demais setores de atividade (Pinto 2014).

Atualmente, *lean thinking* associa-se a uma filosofia que inclui a utilização de ferramentas que eliminam atividades de valor não-acrescentado, mantendo a qualidade dos produtos/serviços e aumentando a eficiência. Esta filosofia esteve na base do *Toyota Production System* (TPS), criado a partir do ano 1940 e inicialmente aplicado apenas ao setor da indústria automóvel (Pinto 2014). O TPS, sistema produtivo iniciado pela Toyota, tem como princípio fundamental “a completa eliminação do desperdício”. Este sistema foi criado e implementado ainda antes da Segunda Guerra Mundial, mas não teve a atenção da indústria Japonesa até ao ano de 1973, ano em que se deu a primeira crise do petróleo. Originalmente chamado de *just-in-time production*, o TPS foi desenvolvido por Sakichi Toyoda, o fundador da Toyota, e o engenheiro Taiichi Ohno (Toyota 1995-2015).

O *Toyota Production System* está na base da melhoria contínua dos processos e na eliminação de todos os gastos que se revelem desnecessários. Para tal, foram desenvolvidas inúmeras ferramentas e soluções para que as pessoas possam melhorar continuamente o seu desempenho. Esta cultura implica o envolvimento diário de gestores, engenheiros e operadores de linha, para que cada um possa contribuir para a melhoria dos processos e tornar



o processo mais eficaz e eficiente. O fator chave de sucesso desta filosofia de produção baseia-se em dois conceitos principais: (1) Utilização total dos recursos de trabalhadores e (2) Redução de custos através da eliminação do desperdício (Lander e Liker 2007). Esta utilização total requer um sistema onde exista uma preocupação recorrente com a minimização do desperdício de movimentos dos operadores, com a sua segurança e com o envolvimento dos mesmo na melhoria dos processos (Sugimori et al. 1977). A redução dos custos é conseguida através do uso da filosofia *just-in-time* (JIT), abordagem que surge como tentativa de resposta para a redução de stock em linha, para a sobrecapacidade de equipamento e operadores devido a possíveis problemas na produção, bem como para flutuações na procura do cliente. A produção em *just-in-time* permite a redução do tempo de processo desde a entrada dos materiais até ao produto final. Esta redução torna-se possível porque todos os processos produzem apenas as partes necessárias, no momento necessário e com o mínimo stock possível.

A filosofia JIT assenta em alguns requisitos principais: produção sequenciada, uma peça na produção, nivelamento da produção e eliminação do desperdício por excesso de produção (Sugimori et al. 1977).

A produção sequenciada permite que se produzam produtos no tempo e quantidade necessários, transformando a metodologia de “processos precedentes fornecem as partes para os processos seguintes” em “processos seguintes puxam a produção de partes a processos precedentes”. Com este método, torna-se possível para a empresa a produção em *just-in-time*, evitando a necessidade de emitir ordens de produção com muita antecedência (Sugimori et al. 1977).

O segundo requisito desta filosofia de produção assenta na ideia de uma peça na produção. Este requisito implica que todos os processos se devem aproximar da condição ideal, em que cada processo produz uma peça, só pode transportar uma peça e tem apenas uma peça em stock entre o equipamento e o processo. Esta condição tem como objetivo a eliminação da possibilidade de sobreprodução e excesso de inventário entre os processos (Sugimori et al. 1977).

O principal objetivo de uma produção nivelada é o de permitir a produção de produtos intermédios a uma taxa constante, fazendo com que o processo seguinte possa produzir com a mesma taxa constante e de um modo previsível. Para ser possível uma produção em *just-in-time*, é necessário garantir o nivelamento da produção na montagem final, visto que este é o processo principal que gere as instruções para todos os processos precedentes (Sugimori et al. 1977).

No modo de produção convencional, a necessidade de produzir em excesso é considerada incontornável, permitindo uma resposta rápida a flutuações na procura ou a possíveis problemas que possam surgir durante o processo produtivo. Por contraponto a esta abordagem, o sistema produtivo da Toyota considera o excesso de inventário uma coleção de problemas. Este excesso de inventário, causado pela sobreprodução, torna pouco visíveis as causas de desperdício que devem ser eliminadas, a saber: o balanceamento incorreto entre trabalhadores e equipamentos, tempos de paragem dos trabalhadores, excesso de operadores, excesso de capacidade dos equipamentos e insuficiências da manutenção preventiva (Sugimori et al. 1977).

Um outro aspeto recorrentemente apontado para o sucesso do TPS é a consistência existente em todos os processos da empresa. Este sistema tem como objetivo a redução máxima da variabilidade, uniformizando os processos e permitindo aumentar o seu desempenho (Liker 2004).

O conceito subjacente ao TPS não permite criar um conjunto único de soluções para qualquer problema que possa ocorrer num processo produtivo. Assim, tendo por base um conjunto de

princípios *lean* bem estabelecidos e a partir de um conjunto alargado de ferramentas possível, ir-se-á escolher quais as mais apropriadas ao problema objeto de análise. É importante referir que em todas as alterações previstas devem ser sempre envolvidas as pessoas que contactam diariamente com os processos, controlando todas as ações do seu processo (Lander e Liker 2007). Embora a maioria das empresas tenha pessoas capazes de conceber soluções para adaptar às suas necessidades, nem sempre estas soluções são geridas do modo mais vantajoso (O'Dell e Grayson 1998). De facto, se existe acordo relativamente ao sucesso de um determinado procedimento e se a organização consegue melhorá-lo posteriormente, isto significa que integrou o conhecimento e aprendeu. Esta capacidade de mudança de rotinas criada dentro da própria empresa é uma verdadeira marca de aprendizagem organizacional (Lander e Liker 2007).

Em síntese, o primeiro passo para o desenvolvimento de ferramentas é entender a procura do cliente final e, tendo esta como base, redefinir o fluxo físico de produtos, bem como os fluxos de informação a este associados. O *lean thinking* assume um papel fundamental nesta reorganização sistemática, assim como no controlo dos processos de apoio como a produção e manutenção (Jones 2004).

Para ser possível compreender com mais detalhe os desperdícios que ocorrem tipicamente numa empresa, na secção seguinte estão detalhados os sete desperdícios apontados pelo sistema TPS.

## 2.2 Os sete desperdícios

A eliminação de desperdício (i.e. *muda*) na produção, que representa sempre uma vantagem para qualquer organização, teve como pioneiro o engenheiro industrial da Toyota, Taiichi Ohno. Num contexto de produção existem três tipos de atividades possíveis, podendo ser classificadas como (Monden 1993):

- Atividades de valor não-acrescentado;
- Atividades necessárias, mas de valor não-acrescentado;
- Atividades de valor-acrescentado.

As atividades de valor não-acrescentado são caracterizadas por envolverem ações que podem ser eliminadas por completo. São exemplos deste tipo: os tempos de espera, os produtos que se encontram em stock intermédio e o sobreprocessamento. Por outro lado, as atividades necessárias, mas de valor não-acrescentado, representam todas aquelas que constituem desperdício, mas sem as quais seria impossível realizar o processo tal como ele é definido atualmente. São exemplos deste tipo de atividades: a movimentação do operador para ter acesso a materiais que se encontram longe do seu posto de trabalho ou a transferência de uma ferramenta para outro operador. Para ser possível eliminar este tipo de desperdícios, é necessário fazer grandes alterações no sistema operacional atual, que podem passar, por exemplo, por mudanças de *layout*. As atividades de valor-acrescentado incluem todas aquelas que envolvem o processamento e transformação da matéria-prima em produto final.

Segundo Ohno (1996), o primeiro passo para aplicar o *Toyota Production System* é identificar os seguintes desperdícios:

- Sobreprodução;
- Espera;
- Transporte;
- Inventário;
- Sobreprocessamento;

- Movimento;
- Defeitos.

A sobreprodução implica o excesso de stock entre operações. Este tipo de desperdício inclui tanto as perdas a nível da produção de quantidades desnecessárias, como o desperdício associado a produção antecipada que gera stock entre e no fim do processo.

O desperdício referente à espera na produção está normalmente associado a um tempo que afeta diretamente tanto a eficiência da linha, como o tempo do operador. Enquanto um operador espera por material que está a ser ainda processado ou transportado, a linha de produção fica em espera. A situação ideal seria um fluxo mais rápido dos materiais, que teria como consequência a eliminação dos tempos de espera.

Sendo que o transporte de materiais nunca acrescenta valor ao produto, esse transporte numa fábrica, é sempre uma operação de desperdício, na perspetiva do cliente. Assim, quanto maior a redução de tempo gasto no abastecimento de materiais ou ferramentas, maior o aumento da produtividade. Note-se que, embora o transporte em qualquer indústria seja sempre uma necessidade, é no entanto importante que exista uma constante atenção com este tipo de operações que possibilite a redução deste desperdício.

Os desperdícios de inventário podem ser originados pela compra e armazenamento de materiais, ou outro tipo de recursos, e pelo excesso de material que é acumulado entre processos. O excesso de inventário significa custos para a empresa, resultado do custo de manutenção da área que este ocupa e do custo de capital empatado. Este desperdício é ainda agravado se o inventário for composto por produtos que se podem tornar obsoletos. Muitas vezes, a principal causa deste excesso é a falta de planeamento e desconhecimento do consumo real de alguns materiais numa área produtiva.

O sobreprocessamento está relacionado com o desperdício que existe na execução de processos realizados pelo homem ou pela máquina, que não acrescentam valor ao produto final, sempre na ótica do cliente. Este tipo de processos pode incluir atividades adicionais que não aumentam a qualidade do produto ou que adicionam excesso de qualidade que os clientes não necessitam. Para a diminuição deste desperdício, é necessária uma análise de todas as tarefas e atividades de um processo, de modo a ser possível identificar aquelas que são dispensáveis na sua realização.

Os desperdícios de movimentação ocorrem sempre que os operadores têm de se esticar, dobrar, deslocar ou fazer qualquer atividade mais brusca que poderia ser evitada. Este tipo de operações pouco ergonómicas e cansativas para os operadores conduz a diminuições de produtividade e, em muitas situações, a problemas de qualidade. Este tipo de desperdício está muitas vezes relacionado com um *layout* pouco funcional, uma área de trabalho pouco organizada ou instruções de trabalho não padronizadas.

Os defeitos na produção estão sempre associados a custos diretos e, por esta razão, são considerados desperdícios para uma empresa. Na filosofia Toyota, os defeitos devem ser vistos como oportunidades de melhoria, através do conhecimento das suas principais causas (Monden 1993).

Em síntese, o *Toyota Production System* é o método que permite uma eliminação sistemática do desperdício, aumentando a produtividade. Ou seja, segundo Ohno (1996), em qualquer sistema produtivo todos os elementos que apenas aumentam os custos sem adicionarem valor são considerados desperdício, como por exemplo, excesso de pessoas, inventário e equipamento.

## 2.3 Soluções *lean*

O crescimento do pensamento *lean*, aliado ao desenvolvimento do modelo TPS, permitiu a criação de um conjunto alargado de ferramentas usadas para a redução de desperdícios nas empresas. Na presente secção apresentam-se algumas dessas ferramentas *lean* que foram estudadas no âmbito dos fluxos de material e informação numa área produtiva.

### 2.3.1 Supermercado

Uma das ferramentas características do fluxo puxado (*pull system*) é o que, em logística interna, se denomina como supermercado. Os supermercados são infraestruturas internas para colocação de materiais, que facilitam o fluxo dos mesmos na área produtiva. Este pequeno armazém responsável pelo sistema *pull*, pode conter produtos intermédios ou acabados, bem como materiais abastecidos pelos fornecedores externos ao processo. Segundo Coimbra (2013), um supermercado é uma área que deve respeitar as seguintes regras:

- Ter uma localização fixa para cada referência;
- Permitir uma recolha facilitada dos materiais;
- Ter gestão visual;
- Manter a regra *first-in, first-out* (FIFO);
- Estar preparado para um fluxo de pequenos contentores.

De facto, um supermercado, na sua designação do quotidiano, é definido como um local onde o cliente compra aquilo que necessita, quando necessita e de acordo com as suas necessidades. O supermercado garante ainda que tem sempre disponível o que o cliente precisa em qualquer momento. A mesma relação se estabelece nos supermercados logísticos existentes nas áreas produtivas. Estas estruturas garantem o abastecimento das linhas de produção de acordo com as suas necessidades (Ohno 1996).

A garantia que existe sempre o material necessário para ser consumido, é feita com o dimensionamento correto do supermercado, tendo em conta as necessidades existentes. Por definição, um supermercado será sempre o ponto de espera no final de um ciclo logístico, e, deste modo, o seu dimensionamento está dependente do *lead time* deste ciclo (Coimbra 2013).

Numa situação em que a procura assuma um valor constante, é possível calcular o stock de um supermercado apenas tendo a informação do consumo médio e do tempo necessário para o reabastecimento. Neste caso, o nível do supermercado é dado pelo consumo durante o tempo de reposição.

No entanto, dada a dificuldade de existir um consumo médio fiável e devido às taxas flutuantes da procura, um stock de segurança calculado apenas com o tempo de reposição do supermercado pode originar, em várias circunstâncias, uma rutura de stock. Assim, surge a necessidade de criação de um stock de segurança standard, proposto por Guedes (2006), que tem em consideração a variabilidade da procura, considerando fixo o *lead time* de reabastecimento. Esta fórmula, associada à incerteza na procura, é descrita como:

$$ss = K * \sigma = K * \sqrt{\text{var}(d) * PR} \quad (2.1)$$

Onde:

- K: parâmetro de segurança (número de desvios padrão)
- $\sigma$ : desvio padrão da procura
- var(d): variância da procura no período de risco
- PR: período de risco (prazo de entrega)

O parâmetro K é dimensionado de acordo com a medida operacional usada para definir um nível de serviço. Se se admitir uma distribuição normal dos dados, a cada taxa de rutura de stocks corresponde um determinado K (número de desvios padrão) (Guedes 2006). A Tabela 1 apresenta o valor de K a que correspondem os seguintes níveis de serviço.

Tabela 1 - Relação da taxa de rutura de stocks e o parâmetro K

<i>Taxa de rutura de stocks</i>	<i>K</i>
<b>90%</b>	1,28
<b>95%</b>	1,65
<b>99%</b>	2,33

O cálculo do stock de segurança é um fator chave para o cálculo do nível de reaprovisionamento. Num sistema que obrigue a uma revisão contínua do stock, como é natural acontecer num supermercado, dada a visibilidade do mesmo pelos operadores, este nível de reaprovisionamento representa o nível mínimo de stock que se pode atingir até se reaprovisionar uma quantidade fixa. Esta quantidade designa-se como quantidade económica e corresponde à quantidade de material que é colocado no supermercado quando este atinge o nível de reaprovisionamento. Quando o stock atinge esse ponto, o supermercado é reabastecido, sendo que o tempo que decorre entre estes dois momentos é designado por prazo de entrega ao fornecedor, ou período de risco, como referido anteriormente. Após ser calculado o stock de segurança, é possível calcular o nível de reaprovisionamento com recurso à fórmula 2.2 proposta por Guedes (2006).

$$NR = PE \times d + ss \quad (2.2)$$

Onde:

- NR: o nível de reaprovisionamento
- PE: o prazo de entrega
- d: taxa de consumo por unidade de tempo
- ss: stock de segurança

### 2.3.2 Sincronização

Num contexto *lean*, a sincronização surge relacionada com a aplicação de sistemas para sinalizar o início de uma atividade na produção. Estes sistemas podem ser dispositivos aplicados no chão-de-fábrica e associados a uma gestão visual entre processos. As ferramentas mais utilizadas neste contexto são o sistema *kanban* e um sistema por sequenciador, que se encontram descritas detalhadamente nas secções seguintes.

#### Sistema Kanban

O sistema *kanban* surge com o objetivo de tornar os fluxos de informação e material mais eficientes, permitindo que o processo seguinte use uma informação visual para puxar o processo anterior.

Segundo Ohno (1996), um *kanban* é um sinal visual que pode conter as seguintes informações: informação de *picking*, informação de transporte e informação de produção. Este sinal é um meio que permite a realização de uma produção *just-in-time*, tornando-se um mecanismo essencial para sincronizar uma área produtiva.

Um *kanban* permite a eficiência do fluxo de informação entre cliente e fornecedor e pode conter as seguintes informações: identificação do tipo de material, identificação do cliente, informação do fornecedor e a informação da quantidade de reabastecimento (Figura 3).

Um ciclo logístico baseado num sistema *kanban* está associado a um produto que existe no ponto de uso e cujo reabastecimento é contínuo ao longo da produção. O sinal que gera a

necessidade de abastecimento é o consumo do produto na área produtiva que, através do *kanban*, informa o fornecedor da necessidade de reposição (Coimbra 2013). As funções de um *kanban* têm de ser sincronizadas com as necessidades de cada empresa porque estes sinais visuais têm de ser adaptados às realidades dos locais nos quais estão a ser usados (Takeda 2009).



Figura 3 - Cartão *kanban*. Fonte: (4Lean 2011)

As principais razões apontadas por Sugimori et al. (1977) para o uso de um sistema *kanban* são as seguintes:

- Reduzir o processamento da informação;
- Obter precisão da informação;
- Impedir a sobrecapacidade dos processos precedentes.

Normalmente, um *kanban* está associado simplesmente a um suporte de cartão como apresentado na Figura 3. No entanto, existem outras formas que permitem a transmissão de informação de forma simples e visual, que representam *kanbans* com outras principais formas:

- Marcas no chão de fábrica: são marcas visíveis que estão destinadas à localização de um tipo produto. A existência ou não de material nessas marcas representa uma informação para o processo anterior;
- Indicação luminosa: este sistema permite o envio de um sinal luminoso para o processo anterior. Quando um processo consome um certo tipo de material, o operador responsável pelo processo emite um sinal luminoso que será transmitido ao processo anterior para indicar falta de material no bordo de linha. O operador produz esse material no processo anterior e desliga a luz enviada;
- *Kanban* eletrónico: o sistema permite a troca de informação entre processos através da utilização do sistema de informação da empresa;
- Modelo gravitacional: neste modelo a troca de informação entre dois processos é feita com o envio de uma bola colorida numa calha, sempre que o inventário de um artigo acaba. A bola rola por gravidade até à área de abastecimento, dando a informação, dependendo da cor da bola, de que material está a ser preciso numa determinada linha de produção (Pinto 2014).

### Sequenciador

O sequenciador, sendo também um sistema de sincronização, é no entanto aplicado a um sistema logístico baseado numa sequência. Contrariamente ao sistema *kanban*, neste sistema o reabastecimento do material na linha é feito de acordo com as necessidades presentes num sequenciador (Figura 4).

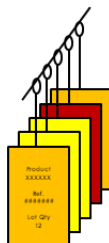


Figura 4 – Sequenciador. Fonte: (4Lean 2011)

O abastecimento pode ser dividido em duas categorias: sequência referente a um material e sequência referente a um kit de materiais. No primeiro caso, existe a necessidade de abastecimento de apenas um material, que se assume como principal, enquanto no segundo existe a necessidade de introdução de vários materiais na linha num mesmo ponto da sequência.

### 2.3.3 Bordo de linha

O bordo de linha é uma área dedicada para ter materiais e ferramentas necessárias para executar as tarefas, que tem como objetivo tornar o abastecimento dos materiais por parte do operador o mais ergonômico possível (Figura 5). A existência de um bordo de linha implica a colocação de material num suporte que permita reduzir o desperdício de movimentação causado no abastecimento. Está associado a uma localização apropriada com dimensões que permitam ter a quantidade necessária na linha e o mais perto possível do seu ponto de uso (Coimbra 2013).

O bordo de linha é uma das ferramentas do *lean manufacturing*, permitindo que seja possível ter na linha a referência correta de material, na quantidade desejada, na localização prevista e no tempo necessário.

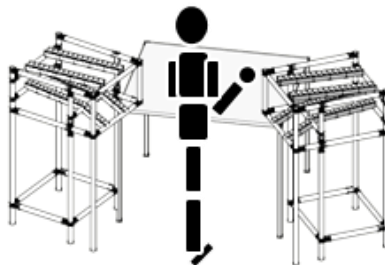


Figura 5 - Bordo de linha. Fonte: (4Lean 2011)

### 2.3.4 Comboio Logístico

O comboio logístico, também conhecido pelo seu termo japonês *Mizusumashi*, é uma das ferramentas mais utilizadas na implementação de filosofias *lean manufacturing*, tendo como principal função a de abastecer e retirar a quantidade necessária de material das linhas de produção, no tempo pretendido. Este tipo de ferramenta é utilizado em ciclos de periodicidade constante, consoante as necessidades do processo produtivo, como está representado na Figura 6. Com o desenvolvimento do *Toyota Production System*, as operações de um *Mizusumashi* ganham cada vez mais importância, já que a exigência de ciclos de vida dos produtos cada vez mais pequenos obriga as empresas a reconhecer que grandes inventários são desperdícios desnecessários. No contexto de TPS, um *Mizusumashi* pode ainda ser simplesmente um operador que abastece e retira material da linha de montagem pela sua própria mão em circuitos definidos (Nomura e Takakuwa 2006).

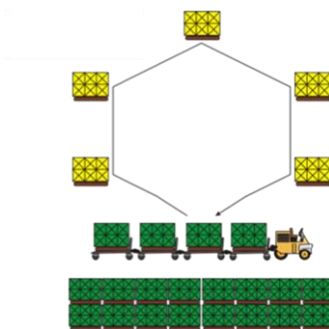


Figura 6 - Comboio logístico. Fonte: (Marchetti 2012)

Um comboio logístico percorre a fábrica em intervalos de tempo periódicos e segue uma rota pré-definida pelas áreas próximas dos postos de trabalho, como representado na Figura 6. Em algumas indústrias esta ferramenta surgiu com o objetivo de substituir os tradicionais empilhadores e porta-paletes usados. A sua utilização apresenta algumas vantagens relativamente à eficiência e eficácia no abastecimento das linhas de produção: entrega de múltiplos materiais e componentes em diferentes linhas, apenas os materiais necessários são entregues, melhor utilização do percurso e tempo gasto com o transporte, entre outros (Pinto 2014).

### **2.3.5 Caixa de nivelamento**

Uma caixa de nivelamento tem como principal objetivo controlar a variabilidade da chegada de ordens de produção, de modo a permitir uma utilização elevada da capacidade produtiva. Este tipo de ferramenta, conhecida pelo seu nome japonês *Heijunka*, evita picos no mapeamento da produção (Huttmeir et al. 2009). Uma caixa de nivelamento permite que as ordens de produção sejam bem distribuídas, evitando estar dependentes da procura imprevisível dos clientes. Assim, os produtos não são feitos de acordo com o fluxo das ordens dos clientes, mas sim, distribuídos homogeneamente ao longo dos dias, tendo em consideração o volume de produção necessário num determinado período (Liker 2004).

## **2.4 Outras ferramentas de análise**

Para além das ferramentas *lean* referidas, julgou-se também pertinente utilizar outras ferramentas de âmbito mais geral para a melhoria dos fluxos de material e informação na linha de montagem de aerossóis. Nas seções seguintes introduz-se brevemente os conceitos base associados ao mapeamento do processo e às potencialidades da utilização de modelos de simulação na resolução deste tipo de problemas.

### **2.4.1 Mapeamento de processo**

O mapeamento dos processos é um método cada vez mais utilizado pela indústria, já que permite definir facilmente e de forma clara o estado atual de um processo, possibilitando uma mais fácil identificação das ações de melhorias necessárias para as diversas atividades. Para implementar um mapa de processo, as organizações têm de começar por identificar os seus processos críticos, que serão contemplados no mapa. No entanto, estes não se resumem a listar esses processos, mas sim a representar as interações entre eles a explicitar o sequenciamento do funcionamento desses processos (Faria 2013).

Aquando da realização de um mapeamento de processos, é necessário tomar uma decisão acerca do tipo de ferramenta mais adequada para o contexto em análise, sendo que as opções mais comuns são o (1) *Value Stream Mapping* (VSM) ou um (2) Mapa de Processo Detalhado.

O VSM é uma ferramenta muito útil que permite a análise de fluxos de material e informação que ocorrem entre vários processos, desde o cliente até ao fornecedor. Este tipo de mapeamento tem uma visão macro do fluxo de uma empresa, seja ela uma empresa de bens ou serviços. Em comparação, o mapeamento de processo detalhado permite uma visão mais detalhada e com um maior foco no processo, sendo esta a ferramenta mais indicada quando a análise de fluxo de material e informação só comporta um processo principal, tal como acontece num processo produtivo apenas com uma linha de montagem. Deste modo, um VSM é usado quando é vantajoso desenhar uma cadeia de valor, permitindo registar os principais fluxos. Um mapa de processo detalhado permite detalhar o processo, sendo menos indicado quando se necessita de analisar a cadeia de valor.

Os mapas de processos são utilizados como uma representação gráfica de fluxos que permite a identificação de todas as atividades presentes num processo, bem como as oportunidades de melhoria. Estes mapas devem ser resultado de um trabalho que envolva uma equipa de



pessoas, de modo a ser possível reunir o conhecimento necessário acerca de todo o processo (Sokovic, Pavletic, e Fakinc 2005).

#### **2.4.2 Modelos de Simulação**

Entende-se por simulação a imitação de um sistema, com o objetivo de perceber o seu comportamento e de detetar falhas inerentes ao mesmo, de modo a ser possível desenvolver melhorias (Brito 2015). Um sistema pode ser definido como um conjunto de componentes, unidades ou entidades que se encontram relacionadas. A simulação surge assim com a necessidade de interpretar um modelo e prever o seu comportamento num período mínimo de tempo. É possível fazer análises e previsões de situações que, em contexto real, apenas seriam possíveis num período longo de tempo para obter as informações necessárias (Bandyopadhyay e Bhattacharya 2014).

Para utilizar uma ferramenta de simulação, é importante ter em consideração os seguintes passos que se revelaram cruciais para se obter sucesso com o modelo de simulação desejado: (1) Perceber o sistema, (2) Definir os objetivos da simulação, (3) Retirar os dados do sistema, (4) Decidir o modelo de simulação, (5) Desenvolver o modelo, (6) Verificar o modelo desenvolvido, (7) Validar o modelo, (8) Fazer o desenho de experiências e (9) Correr e analisar o modelo obtido (Bandyopadhyay e Bhattacharya 2014) (Lopes 2013).

Apesar da importância de todos estes passos no momento da simulação, a validação do modelo é considerada um dos principais marcos na criação de um modelo de simulação. De facto, se o sistema criado não corresponder à realidade, a simulação torna-se enganosa e afetará negativamente os resultados. Assim, foram definidas algumas técnicas de validação que podem ser usadas no momento em que se revele necessário validar os dados obtidos com a construção do modelo, concluindo assim se este representa de um modo fiável a realidade do sistema (Allen 2011). Segundo Sargent (2005), a verificação e validação dos resultados pode ser conseguida com as seguintes atividades:

- Desenhar experiências: alteração dos dados que são introduzidos no simulador para verificar como os resultados extraídos se comportam;
- Remover a aleatoriedade incrementada no sistema: a substituição de variáveis aleatórias por valores médios ajuda a avaliar o modelo de lógica desenhado;
- Validar os outputs da simulação: comparação dos resultados replicados na simulação com os resultados reais do sistema;
- Realizar um Teste de Turing: testar se os resultados da simulação (criados por um simulador) são equivalentes a resultados reais de um sistema;
- Criar animações da simulação: permite que os responsáveis avaliem e validem o modelo através da réplica visual do sistema.

Estas são algumas metodologias principais que permitem a validação do sistema, sendo que muitas organizações que usam este tipo de modelos estabelecem alguns *standards* para a sua validação. Depois dos dados estarem validados, já é possível utilizar o modelo para prever o desempenho do sistema numa situação real, sendo possível conceber modelos com diferentes parâmetros, analisando os modelos e as suas principais potencialidades (Allen 2011).

### **3 Situação inicial**

Sendo o objeto de estudo a área produtiva da montagem de aerossóis, era fundamental identificar e analisar as possíveis atividades de valor não-acrescentado e as perdas de eficiência das linhas causadas pelos fluxos de material e informação, efetuando um levantamento detalhado de todo o processo da montagem de aerossóis.

Assim, começou-se por consolidar toda a informação referente ao processo produtivo, de modo a ser possível perceber as necessidades de abastecimento que existem na montagem de aerossóis. Foram também analisados os materiais necessários às linhas de montagem, bem como identificadas as quantidades máximas que cada material pode ter na linha. O processo de abastecimento de material foi também alvo de uma análise detalhada, desde o armazém de produto intermédio até ao acondicionamento na paleta dos aerossóis montados.

Por fim, e após um conhecimento sólido sobre os fluxos de material e informação da situação atual, foi feito um levantamento dos problemas que afetam diretamente a eficiência das linhas de montagem e os que resultam em outros desperdícios para a empresa.

#### **3.1 Caracterização da área produtiva**

A área produtiva da montagem de aerossóis é composta por seis linhas produtivas, como se encontra representada no Anexo A. Esta área trabalha com dois tipos de laboração: uma linha trabalha em laboração contínua (linha 18), enquanto as restantes trabalham em três turnos (linhas 12, 15, 16, 17 e 27). Por laboração contínua entende-se a laboração em quatro turnos, apenas com descanso durante a tarde de domingo. As linhas que trabalham em três turnos trabalham continuamente durante a semana, estando paradas durante o fim-de-semana. Os turnos dividem-se consoante os seguintes intervalos:

- 6 Horas - 14 Horas
- 14 Horas - 22 Horas
- 22 Horas - 6 Horas

Nesta área produtiva, as linhas têm um processo produtivo idêntico, apesar de apresentarem diferentes cadências e horários de funcionamento. O processo de montagem é um processo produtivo único e automatizado em cada linha de produção.

#### **3.2 Descrição do processo produtivo**

Para fazer um levantamento sólido dos fluxos de material e informação existentes na área produtiva referente à montagem de aerossóis, é importante começar por perceber o processo produtivo de cada linha de montagem.

Um aerossol produzido na Colep é uma embalagem metálica constituída essencialmente por três componentes principais: corpo da lata, cúpula e fundo. Uma embalagem é montada

apenas num processo produtivo. De seguida, na Figura 7, apresenta-se um esquema ilustrativo do processo de montagem que ocorre numa linha.

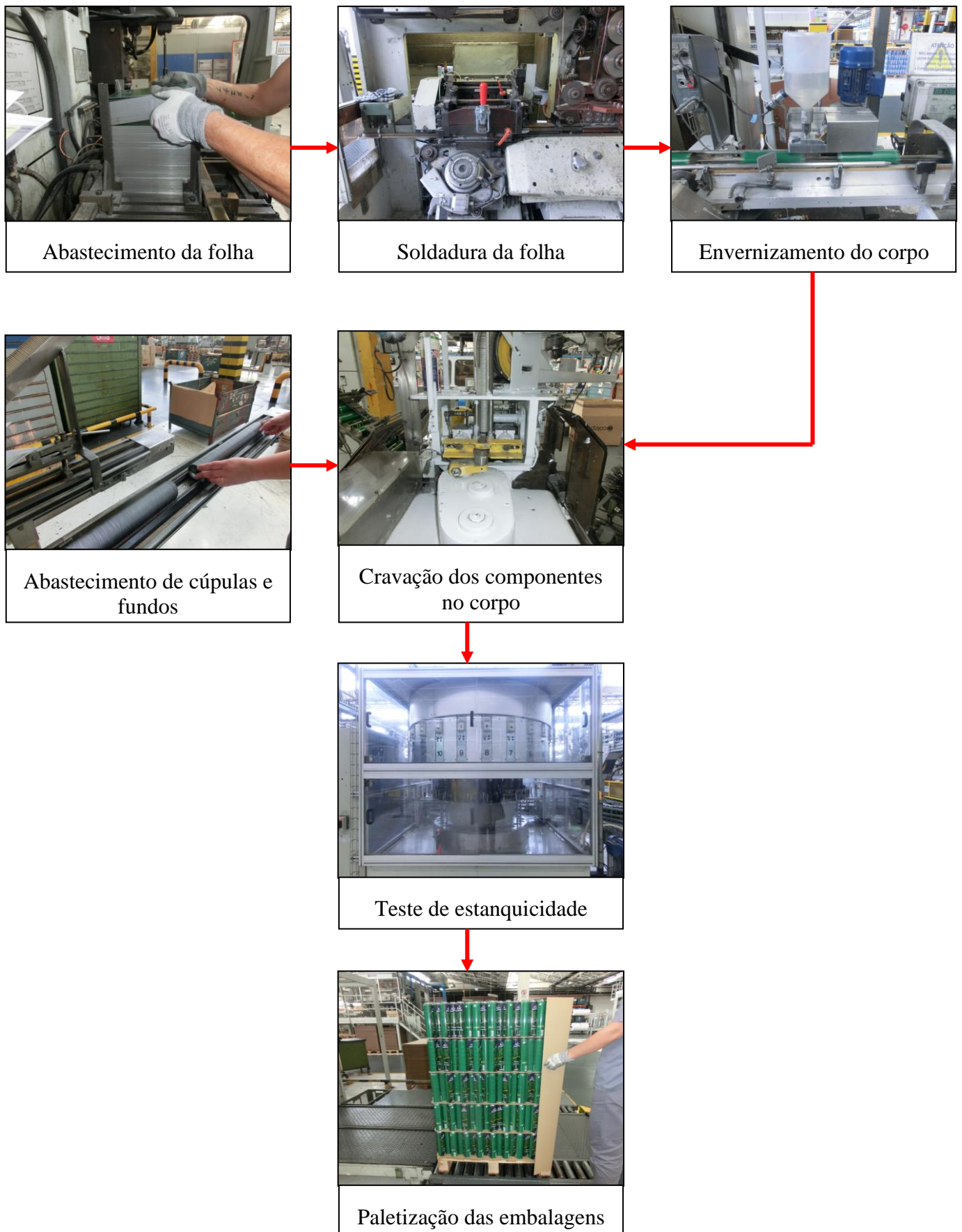


Figura 7 - Descrição do processo produtivo

A montagem de um aerossol inicia-se com o abastecimento dos componentes principais (folha-de-flandres, cúpulas e fundos) pelos operadores de linha. A folha apresenta-se com um formato retangular e é soldada na máquina de soldadura, ganhando uma forma cilíndrica que representa o corpo do aerossol. De seguida, pelo interior do cilindro, passa um fio de cobre que permite retirar o estanho em excesso da folha-de-flandres.

A operação seguinte do processo de montagem é o envernizamento exterior da costura de soldadura. Dependendo das exigências da embalagem a produzir, poderá ser ainda aplicado um verniz pó no interior do corpo cilíndrico, que adere à costura interior da lata. Para o processo de envernizamento estar concluído, as embalagens passam por um forno que faz a cura do verniz.

De seguida, os corpos são transportados até à cravadeira, onde cada corpo recebe um fundo na parte inferior do cilindro e uma cúpula na parte superior. Após a embalagem estar montada, é sujeita a um teste de estanquicidade realizado numa máquina própria para o efeito. As embalagens que não são retiradas para sucata após o teste, seguem para o paletizador para ser feita a paletização de embalagens.

### 3.3 Avaliação das necessidades de material consumido em cada linha produtiva

Após conhecer o processo produtivo associado à montagem das embalagens de aerossóis, torna-se mais evidente perceber as necessidades de material associadas a cada etapa do processo de montagem. Na Figura 8, é representada uma linha e os pontos de abastecimento de materiais necessários ao seu funcionamento.

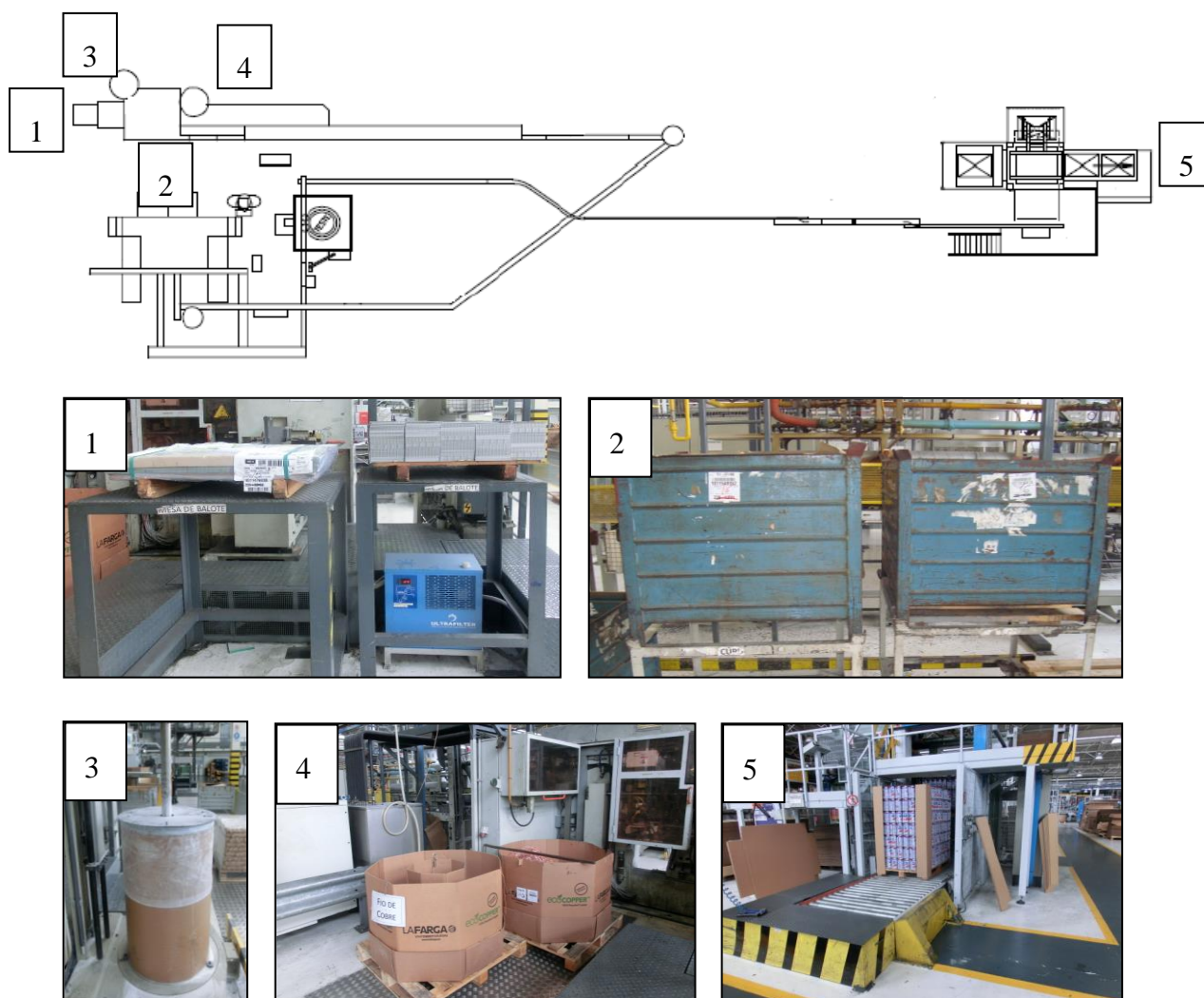


Figura 8 - Linha de montagem e materiais



Para alguns materiais, existe um número máximo de stock na linha. No local destinado à colocação de balotes de folha-de-flandres, apenas existe espaço para se colocarem duas unidades, como é possível verificar na Figura 8-1. Balote é a designação dada para as folhas-de-flandres quando colocadas sobre um estrado de madeira. Situação análoga ocorre relativamente aos fundos e cúpulas, dos quais é apenas possível ter dois contentores de cada, por linha (Figura 8-2).

Para os dois tipos de verniz, apenas existe um recipiente para cada tipo, em cada linha, como é possível observar na Figura 8-3. O verniz líquido é acondicionado num recipiente de plástico e o verniz pó é colocado na linha, numa barrica própria para o material. O fio de cobre é levado para a linha em formato de bobine e apenas uma bobine pode estar colocada junto da linha de cada vez (Figura 8-4). Junto ao fio de cobre existe sempre um caixote em cartão onde são colocados os retalhos de cobre de cada linha (o cobre é usado pelo processo produtivo mas não é consumido no processo).

Relativamente ao final de linha, onde está colocado o paletizador, não existe um número máximo de material na linha. Para acondicionar as paletes de aerossóis é necessário um grande número de materiais, tais como paletes, cantos, separadores, planos de troca, agrafes e fita-cola. Verificou-se que a linha operava sem bordos de linha, sendo que todo o material usado pelo operador está encostado às linhas, em local definido pelo mesmo (Figura 8-5).

### 3.4 Operadores necessários no processo produtivo

No processo de montagem de aerossóis estão sempre envolvidos cinco operadores com funções diversas e bem definidas. Todas as linhas necessitam de um cabeça de linha, responsável pelo abastecimento de folha e realização de testes e fugas, um auxiliar de linha, responsável pelo abastecimento de cúpulas e fundos, e um operador de paletizador, responsável por fazer a paletização das embalagens e pelo transporte de cantos e planos de troca para a linha de montagem.

Na área logística, existem ainda os condutores de empilhador, que são responsáveis pelo transporte de material até às linhas. Estes operadores executam diferentes tarefas, sendo um o condutor responsável pelo abastecimento principal no início das linhas e o outro o condutor responsável pela parte final da linha, junto dos paletizadores.

### 3.5 Fluxos na área produtiva da montagem de aerossóis

A produção de aerossóis é programada diariamente de acordo com os pedidos dos clientes, sendo criadas ordens de fabrico com a informação acerca do material que irá ser produzido em cada linha produtiva. O programador desta área é responsável por colocar uma cópia da ordem na caixa de nivelamento (Figura 9), e outra numa estante, onde são colocadas ordenadamente as ordens de fabrico de todas as linhas (Figura 10).



Figura 9 - Caixa de Nivelamento



Figura 10 - Estante para ordens de produção

As ordens colocadas na caixa de nivelamento são consultadas pelos condutores dos empilhadores, sendo as ordens colocadas na estante consultadas pelo cabeça de linha.

### 3.5.1 Abastecimento dos componentes principais

A necessidade de material na linha é verificada por um operador, que notifica o condutor de empilhador cada vez que necessita de material na linha de montagem. Note-se que, por vezes, pode ser o próprio condutor de empilhador a detetar a necessidade de material na linha. O condutor, após esta verificação, dirige-se à caixa de nivelamento e verifica qual a ordem seguinte de fabrico. A esta ordem corresponde uma ordem de transporte, na qual estão discriminadas as localizações do material necessário na fábrica. Após o conhecimento da localização do material necessário na linha, o condutor de empilhador dirige-se aos armazéns de produto intermédio para transportar os componentes até ao processo de montagem. A Figura 11 resume o início do processo de abastecimento dos componentes principais.

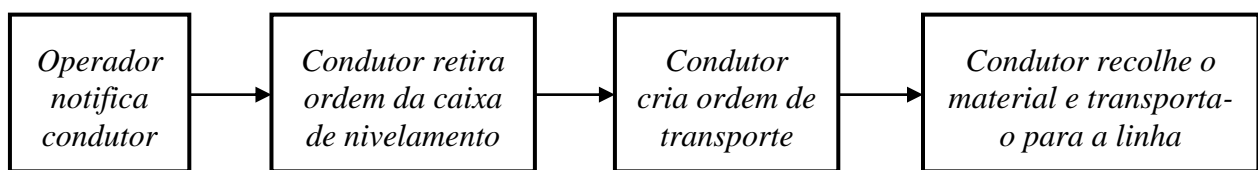


Figura 11 - Esquema de abastecimento

O material levado para as linhas não é contabilizado tendo em consideração o número de componentes da ordem, sendo tipicamente levado material em excesso. Esta necessidade deve-se ao facto de todos os processos produtivos produzirem sempre mais do que a ordem exige, de forma a garantir que a ordem é sempre cumprida, e à necessidade da litografia produzir folha-de-flandres em excesso para stock, para utilizar em futuros pedidos do cliente. Por esta razão, no final de cada ordem, é possível que exista material em excesso que necessite de retornar para o armazém.

No sistema SAP estes retornos são realizados pelo operador na linha. Para realizar um retorno, é necessário realizar uma ordem no sistema informático, indicando a quantidade de material retornado. Como não existe nenhum procedimento definido para efetuar a medição do material em excesso, esta quantidade é medida de forma diferente de operador para operador. No caso da folha-de-flandres, alguns operadores medem com uma régua a altura e largura do balote, conseguindo assim uma estimativa do número de folhas, enquanto outros subtraem ao número de folhas do balote inicial, o número de folha da ordem, obtendo assim o número de folhas restante no balote. No caso das cúpulas e fundos, o condutor utiliza uma régua adaptada por tipo de contentores, calculando por aproximação o número de componentes restante.

Após o retorno estar realizado no sistema, o operador notifica o condutor de empilhador junto da linha de montagem, para que este transporte o restante material para o armazém.

### 3.5.2 Abastecimento de cobre

O abastecimento de cobre é feito sempre que a bobine que existe na linha estiver a terminar. A responsabilidade do abastecimento de cobre é do condutor de empilhador responsável por abastecer os componentes principais. Sendo o cobre um material muito valioso, existe uma prática instituída para controlar o seu consumo. Assim, só se pode introduzir na linha uma nova bobine de cobre, quando o caixote com retalhos de cobre que se encontra ao pé da linha for pesado, e se verificar que tem o mesmo peso que a bobine inicial (o cobre não é consumido pelo processo produtivo).

A responsabilidade de verificar os níveis de cobre e avisar o condutor de empilhador é dos operadores da linha. Se o operador não conseguir notificar o condutor de empilhador atempadamente, a linha pode parar mais do que o tempo necessário para a troca.

### **3.5.3 Abastecimento de verniz**

O abastecimento de verniz líquido é feito pelo próprio operador da linha com recurso a um porta-paletes. Este abastecimento é possível, visto que existem armários de verniz junto das linhas de montagem. A reposição do armário é feita pelo empilhador responsável pelos componentes principais, sendo, no entanto, a sua necessidade é identificada por um ajudante de linhas. Não existe nenhuma verificação periódica nem um nível mínimo de inventário, pelo que o pedido de reposição apenas depende do ajudante da linha, com base na sua intuição e/ou experiência.

O verniz pó é transportado para a linha pelo condutor do empilhador, já que o recipiente é pesado demais para ser transportado por um porta-paletes. Este tipo de material também se encontra junto das linhas de montagem, de forma a que exista stock sempre que necessário.

### **3.5.4 Abastecimento de materiais necessários no paletizador**

Na etapa final das linhas de montagem, o material produzido é colocado em paletes, no paletizador. O paletizador é a máquina que se encontra no final de cada linha que permite o posicionamento de aerossóis montados numa paleta, em várias camadas. Esta máquina coloca a paleta na base e cria as camadas com produto acabado automaticamente. O operador é responsável por, no fim da última camada, acondicionar a paleta com cantos de cartão e um cartão superior designado por plano de troca.

O empilhador abastece a fábrica com todos os tipos de material em grandes quantidades, sendo o abastecimento feito a partir do armazém de cartões e paletes. Assim, espalhados pela fábrica e relativamente perto da zona final das linhas, estão colocados os vários materiais, como é possível observar na Figura 12. Note-se que com a crescente exigência dos clientes, torna-se necessária a existência de vários tipos de referências deste tipo de material, dada a diversidade de pedidos no material usado no acondicionamento de paletes.



Figura 12 - Localizações de cartão na fábrica

Existem quatro operadores distribuídos pelas seis linhas de montagem que são responsáveis pelo transporte de cantos, planos de troca, agrafes e fita-cola, para cada linha. São também responsáveis por colocá-los manualmente nas paletes. O transporte destes materiais é feito pelo operador sem recurso a qualquer suporte, o que dificulta a sua deslocação e o impede de transportar mais do que um tipo de material, cada vez que se desloca. O operador abastece a linha com o número máximo de peças que conseguir transportar numa só deslocação.

O transporte de separadores e paletes é feito pelo condutor de empilhador, visto que a colocação deste material é feita numa parte superior da linha, apenas acessível ao empilhador. Estes materiais são posteriormente colocados automaticamente pelo paletizador.

O condutor de empilhador é ainda responsável por retirar as paletes prontas das linhas e transportá-las até à máquina de filmar paletes. Nesta máquina é colocado um filme que acondiciona a paleta, terminando assim o processo de montagem de aerossóis.

### 3.6 Análise de desperdícios

Após o conhecimento de todos os fluxos de material e informação na montagem de embalagens de aerossóis, foram feitas observações no chão de fábrica durante um período de vinte dias, de forma a ser possível identificar os principais desperdícios. Previamente a esta observação, foi elaborada uma ferramenta de pontuação de cada um dos sete desperdícios de uma forma qualitativa, para ser entregue aos responsáveis da área produtiva. Cada um pontuou com as três categorias Alto, Médio e Baixo cada um dos desperdícios verificados nesta área de montagem. Com recurso a esta ferramenta, que se encontra no Anexo B, foi possível questionar alguns responsáveis pela produção na montagem de aerossóis. O objetivo desta primeira abordagem foi o de tentar perceber junto de quem lida diariamente com os fluxos de material e informação, quais as principais perdas que existiam, de modo a serem mais facilmente identificáveis em futuras análises. Esta avaliação qualitativa foi traduzida posteriormente em avaliações quantitativas: Alto (3 pontos), Médio (2 pontos) e Baixo (1 ponto). Na Figura 13 é possível perceber o peso relativo dado a cada um dos sete desperdícios pelos responsáveis da área produtiva da montagem de aerossóis.

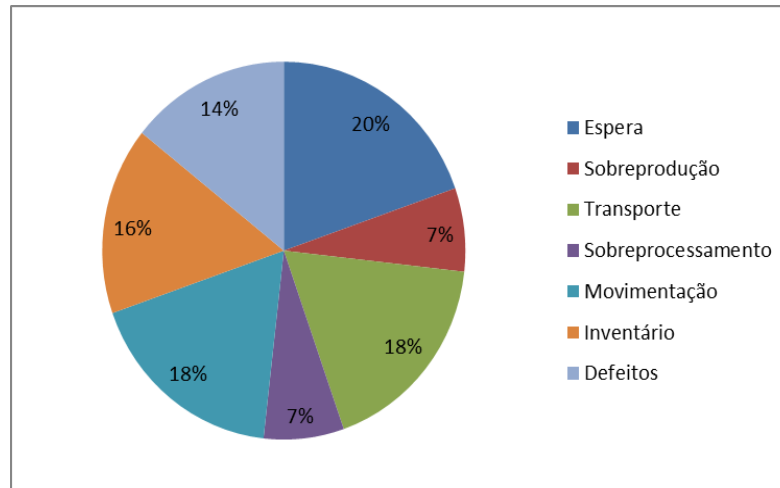


Figura 13 - Peso relativo dos sete desperdícios na área produtiva

A Figura 13 mostra que os desperdícios mais relevantes são os relativos ao movimento, transporte, espera e inventário, sendo considerados pelos responsáveis as principais preocupações no fluxo de produção desta área de montagem.

De facto, durante o período em que as observações foram efetuadas, constatou-se diariamente a importância destes desperdícios. Chama-se a atenção que não se verificaram desperdícios de sobreprodução ou sobreprocessamento e que as embalagens não conformes com as especificações, i.e. os defeitos, não foram objeto de análise neste projeto.

#### 3.6.1 Observação dos desperdícios

Após esta análise ainda qualitativa relativamente aos principais desperdícios, foram efetuadas observações adicionais no chão de fábrica (i.e. *gemba*) com o objetivo de identificar os principais problemas, e se possível, quantificar os de maior dimensão.

Para esta análise, recorreu-se inicialmente à realização de um mapa de processo, registando todos os fluxos de informação e material na montagem de aerossóis. Visto que a montagem é realizada num único processo produtivo (linha de montagem de aerossóis), um mapa de processo revelou-se o método ideal para detalhar e sequenciar o processo. Os atores envolvidos são os condutores de empilhador, o cabeça de linha, o auxiliar de linha e o operador de paletizador. Na Figura 14, está representado o mapeamento realizado, onde é possível identificar os principais problemas observados no processo produtivo.



Estes problemas, que se podem verificar por observação e contacto com as pessoas que trabalham diariamente com o processo são os seguintes: *Muda* de Movimento, *Muda* de Transporte, *Muda* de Espera, *Muda* de Inventário e problemas na realização de retornos de material.

### 3.6.2 Quantificação dos desperdícios

Após a observação dos desperdícios, foi necessário quantificá-los e perceber o impacto negativo que estes têm na empresa. Para isso, começou-se por definir alguns indicadores que permitissem avaliar a situação atual dos problemas presentes nos fluxos de material e informação na área produtiva da montagem de aerossóis. De seguida, apresenta-se com algum detalhe o modo como foram quantificados e analisados os principais desperdícios observados na fábrica, bem como as principais conclusões que se retiraram dessa análise.

#### *Muda* de Movimento

Os desperdícios de movimento verificaram-se não só nas deslocações dos operadores para retirarem a ordem de fabrico, bem como em todos os movimentos de abastecimento de materiais na linha de montagem na zona do paletizador, como se pode observar no mapeamento do processo da Figura 14. Assim, visto que foram estes movimentos que registaram maior desperdício no processo, os seus gastos foram analisados e quantificados. Os tempos retirados foram calculados com recurso a vídeos feitos do processo produtivo, de modo a ser possível calcular o tempo médio gasto pelos operadores nestas atividades.

Relativamente ao primeiro desperdício, no início do projeto verificava-se na empresa a existência da prateleira, onde se colocavam todas as ordens de fabrico para todas as linhas, o que exigia grandes deslocações ao cabeça de linha para retirar a ordem de fabrico. Assim, para perceber o impacto que isso teria num dia de produção, foram calculadas as deslocações realizadas, bem como o número médio de ordens realizado num dia, para ser possível quantificar o tempo gasto com este tipo de movimentação. Essa análise foi registada na Tabela 2.

Tabela 2 - Tempo de movimentação gasto para retirar as ordens de produção

<i>Tempo médio de movimentação por ordem</i>	<i>Tempo médio de movimentação para retirar as ordens por dia</i>
254 segundos	118,53 minutos
<i>Percentagem de tempo gasto em movimentação para retirar as ordens por operador</i>	
1,63%	

A percentagem de tempo gasto em movimentações para retirar a ordem de produção é de aproximadamente 2%, um valor reduzido que pode parecer pouco significativo no processo de montagem. No entanto, este foi um desperdício considerado para a análise, visto que a centralização da localização de todas ordens de produção provoca a desorganização no sequenciamento das ordens. Quando este sequenciamento é alterado pode induzir o operador em erro relativamente ao tipo de material a abastecer numa determinada ordem de produção.

Relativamente aos movimentos de abastecimento de material na linha de montagem na zona do paletizador, verificou-se um elevado desperdício de movimento. A razão para esta situação decorre de se constatar que os materiais necessários para a linha se encontravam encostados às máquinas e alocados de forma dispersa na zona de acondicionamento de paletes. Assim, foi quantificado o tempo de movimento gasto em cada paleta e os resultados encontram-se na Tabela 3Tabela 1.

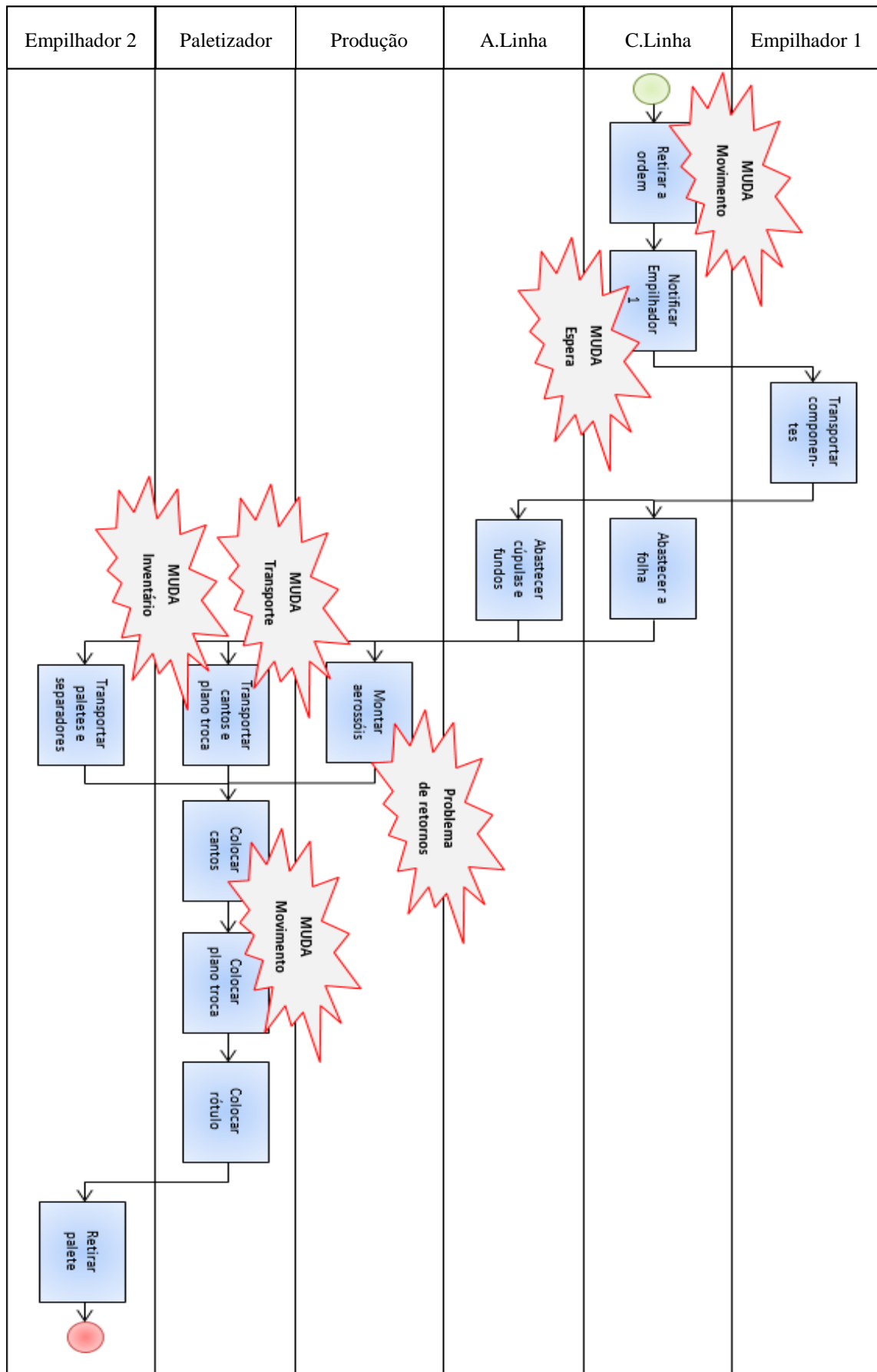


Figura 14 - Mapa de processo dos fluxos de material e informação na montagem de aerossóis

Tabela 3 - Tempo de movimentação gasto para acondicionar aerossóis

<i>Tempo de movimentação gasto para colocar cartões por palete</i>	<i>Tempo médio para produzir uma paleta</i>
114 segundos	12,04 minutos
<i>Percentagem de tempo gasto em movimentação para colocar cartões por paleta</i>	
15,78%	

Pode-se constatar que no acondicionamento de uma paleta, o tempo gasto na movimentação para acondicionar a paleta representa 15,78% do tempo total de produção. O facto de não existir um sítio fixo para o material faz com que os movimentos repetidos necessários para o acondicionamento das paletes de produto acabado sejam realizados de um modo pouco ergonómico e eficiente, já que o material raras vezes se encontra no local exato do processo.

#### **Muda de Espera**

Os desperdícios de espera são os desperdícios que constituem uma maior preocupação para a empresa, já que na maioria das situações um operador em espera representa uma paragem das linhas de montagem. Assim, quando o operador espera pelo material na linha, a linha é obrigada a parar por falta de abastecimento. Durante as observações feitas no chão de fábrica e aquando da realização de questões colocadas aos operadores das linhas, foi possível perceber que, de facto, a paragem de linhas por falta de transporte de material era um dos problemas críticos da fábrica. Para ser possível quantificar estas paragens, foi elaborado uma *checklist* para registos de paragens das linhas por atrasos no transporte de material (Anexo C), que se colocou nas 6 linhas de montagem durante 15 dias. A cada operador “cabeça de linha” de cada linha de produção foi pedido para registar todas as paragens devidas a falta de transporte de material. Neste registo foi também discriminado qual o tipo de material em falta, quanto tempo o operador e a linha estiveram à espera que o transporte fosse realizado e qual o turno em que ocorreu a paragem. Note-se que neste registo não foram contempladas paragens devidas a falta de material por atrasos dos fornecedores internos na sua produção.

Com base nesta informação, três análises foram efetuadas: a Figura 15 apresenta o tempo de paragem das linhas por falta de material transportado durante o período analisado, a Figura 16 torna evidente qual o material que teve mais falhas no seu abastecimento e a Figura 17 apresenta as paragens distribuídas pelos turnos de trabalho.

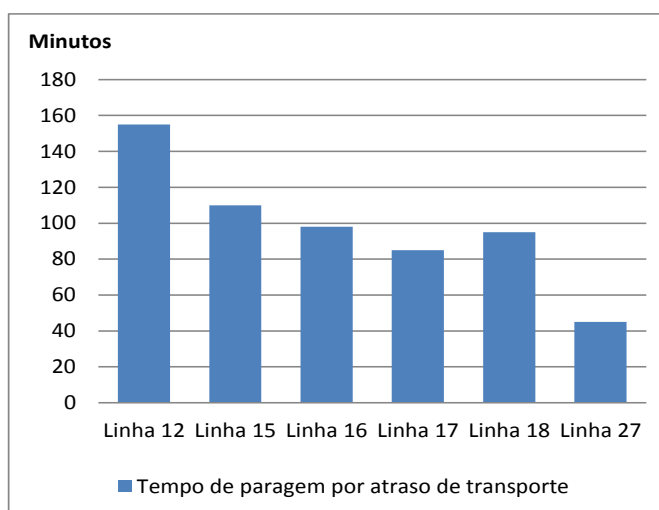


Figura 15 - Tempo de paragem por atrasos no transporte em cada linha

Como se pode observar pela Figura 15, a linha 12 é a que apresenta um maior tempo de paragens, sendo a soma de paragens em todas as linhas de 588 minutos durante o período de análise (i.e., 15 dias).

Estima-se que o tempo de paragens total real tenha ainda sido mais elevado, já que *à posteriori* alguns operadores admitiram não ter registado todas as paragens. A Figura 16 e a Figura 17 são importantes para perceber as principais causas de paragem das linhas.

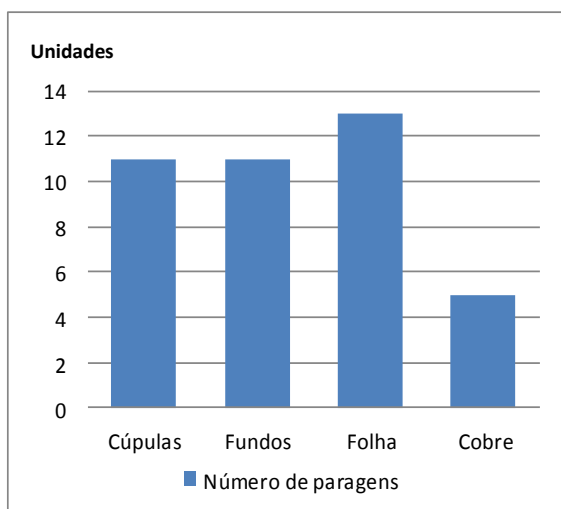


Figura 16 - Número de paragens por material

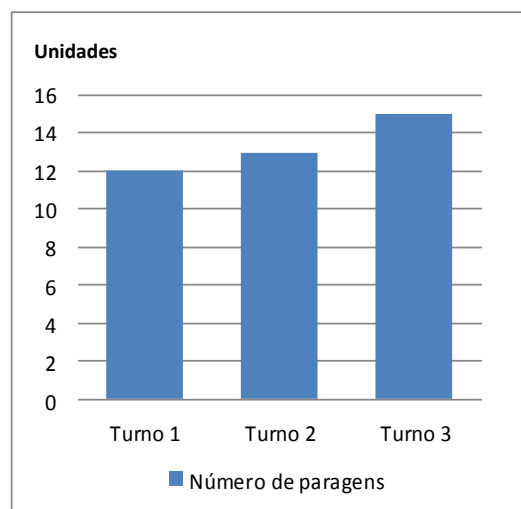


Figura 17 - Número de paragens por turno de trabalho

Por observação da Figura 16, é possível perceber que a causa que menor número de paragens acarreta é a falta de cobre nas linhas. No entanto, esta diferença está possivelmente associada à menor necessidade de reaprovisionamento deste material. Quanto aos componentes principais (folha, cúpulas e fundos) não se verificou nenhuma incidência específica num determinado tipo de material, o que corrobora o facto da espera nas linhas ser muito provavelmente devida a falhas no fluxo de informação. Se existisse alguma diferença significativa em algum destes materiais, a espera poderia estar associada à distância do material relativamente às linhas de montagem.

A Figura 17 mostra que, com base nesta amostra, não há nenhuma diferença significativa entre o número de paragens nos três turnos. Com base nestes resultados é possível concluir que o modo como os três turnos trabalham não se reflete no abastecimento das linhas.

Depois de analisadas as variáveis presentes nas paragens das linhas de produção e os tempos de paragem associados, concluiu-se que as falhas no abastecimento de material podem estar relacionadas com um fluxo de informação ineficiente, provocado por um sistema de abastecimento pouco adaptado às necessidades da produção.

#### **Muda de Transporte**

Todas as atividades que envolvem o transporte de materiais são atividades de valor não acrescentado, visto que o transporte é uma atividade necessária mas que não transforma o produto para o cliente final. Como referido anteriormente, o transporte de material na zona final da linha de montagem é feito pelo operador que acondiciona a paleta no final do processo. Visto que este transporte é feito sem recurso a nenhum suporte, i.e. empilhador ou carrinho, o operador necessita de bastantes deslocações para ter sempre na linha de montagem o material necessário para o acondicionamento final do produto. De facto, o material encontra-se espalhado pela fábrica e cada ordem de produção exige diferentes referências de material, logo, inúmeras deslocações.

Para ser possível criar um modelo representativo da realidade do fluxo de material existente nesta área e com o intuito de perceber as ineficiências existentes, foi utilizada uma ferramenta de simulação. Como já foi referido, as referências de material encontram-se espalhadas pela fábrica e, cada ordem de produção exige uma combinação de referências de material diferente. Estas diferentes exigências traduzem-se em diferentes combinações de deslocações para fazer o transporte, dada a dispersão da localização de alguns materiais. Deste modo, para ser possível extrair informação relativa ao tempo de transporte, a criação de um modelo de simulação representa uma vantagem a vários níveis. Em primeiro lugar, facilita a quantificação de dados num período longo de tempo (um ano), permitindo identificar os principais constrangimentos, e, posteriormente, possibilita a elaboração de um modelo de simulação com algumas melhorias relativas ao modelo inicial, tornando possível perceber como se comportam os fluxos face a diferentes alterações.

Com recurso ao programa *AnyLogic* (AnyLogic 2000), foi feita uma representação da realidade do ano de 2014 na área produtiva da montagem de aerossóis, na zona referente ao abastecimento final das linhas de montagem. Para ser possível aproximar a simulação o mais possível da realidade, foram introduzidas no programa todas as informações referentes às ordens produzidas no ano de 2014: em que linhas foram feitas, que material foi necessário para a realização de cada ordem, a posição de todos os materiais na fábrica e as distâncias a que estes se encontram das 6 linhas de montagem de aerossóis. Estas informações foram obtidas com recurso ao sistema de informação da empresa – SAP, representadas no Anexo D.

Na Figura 18 encontra-se uma representação do modelo no programa de simulação elaborado, estando representada a interação existente entre os vários objetos, necessária na construção do modelo. As ordens de cada linha de produção estão apresentadas em coleções, as quais representam as ordens de produção programadas para cada linha de produção, por dia. Os operadores alocados a cada paletizador estão também representados como agentes do processo. Note-se que apenas existem quatro operadores, dado que dois operadores têm a seu encargo duas linhas de produção.

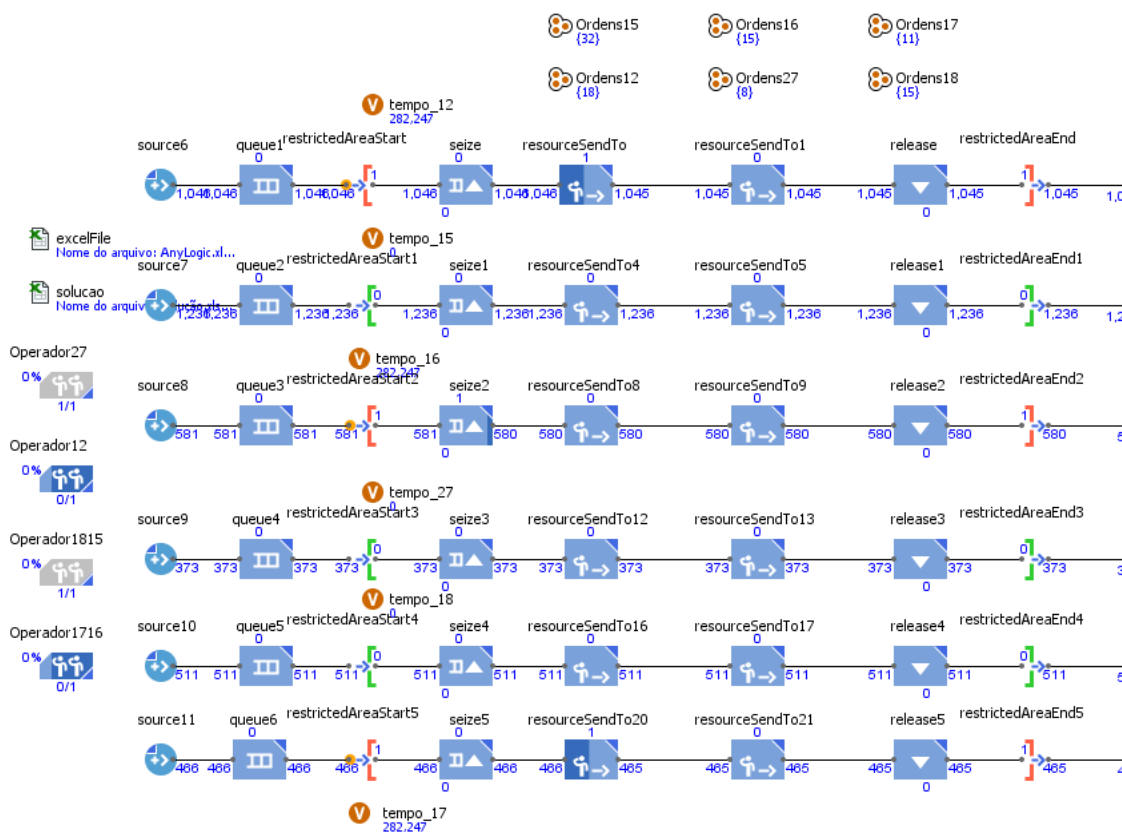


Figura 18 - Representação do modelo de simulação

Como se pode observar pela Figura 18, o modelo retira a informação de um ficheiro que foi criado, com as ordens de produção e todas as características de cada uma, do ano de 2014. Quando a simulação termina, é gerado um ficheiro excel com os dados relativos ao tempo percorrido em cada ordem, por cada um dos operadores, de acordo com a exigência das ordens de produção. A Tabela 4 apresenta os *inputs* dados ao programa e os *outputs* obtidos com o modelo.

Tabela 4 - *Inputs* e *outputs* do modelo de simulação

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<b>Data da ordem de produção</b> <b>Material necessário</b> <b>Quantidade necessária</b> <b>Localização do material na fábrica</b> <b>Velocidade média do operador</b>	Tempo de transporte do operador Número de deslocações do operador

Após o desenvolvimento da simulação referente à situação inicial e de modo a ser possível verificar e validar o simulador, utilizaram-se algumas metodologias para validar os dados obtidos, com o objetivo de perceber se os dados resultantes da simulação representam de forma credível a realidade do processo produtivo.

De entre as possibilidades apresentadas em 2.4.2 para verificar e validar um modelo de simulação, foram utilizadas principalmente três metodologias: (1) validar os *outputs* da simulação (comparação com os dados introduzidos), (2) teste de Turing e (3) criação de animações do modelo de simulação criado. Note-se que, para além destas metodologias, é importante referir que o modelo criado não foi sujeito a nenhuma aleatoriedade de parâmetros, ou seja, todos os dados introduzidos no sistema foram usados de um modo equivalente à realidade.

Assim, e de modo a validar os *outputs* da simulação, verificaram-se os resultados relativos ao número de ordens produzidas em cada linha de montagem. Se o número de ordens no modelo for próximo da realidade, as informações associadas a essas ordens, como, por exemplo, o tipo de material exigido, estão a ser corretamente replicadas. Como os dados do sistema SAP apenas registam o dia previsto para a realização da ordem, o simulador apresenta alguns desvios em relação aos dias nos quais as ordens foram produzidas. Estes desvios ocorrem, visto que, o simulador replica a produção das ordens de um dia apenas se a capacidade das linhas o permitir. No entanto, quando algumas ordens não têm tempo de ser produzidas num dia, dado o excesso de ordens programadas, o modelo simula a sua produção nos dias seguintes. Como o interesse desta simulação se prendia com a totalidade de deslocações realizadas no ano de 2014, o dia exato em que a ordem foi produzida não assumiu uma grande relevância. Ainda assim, note-se que, os dias nos quais foram produzidos as ordens simuladas pelo modelo aproximar-se-iam mais da realidade que os dados do sistema SAP, que apenas assumem os dias programados. Dada a dificuldade em validar o dia e tendo por base o objetivo desta simulação, validou-se a totalidade das ordens realizadas em cada linha produtiva num ano de trabalho. A Figura 19 representa a validação dos dados relativamente às ordens de produção, comparando o número de ordens de produção realizadas em cada linha produtiva no ano de 2014 e o número de ordens realizadas no modelo de simulação.

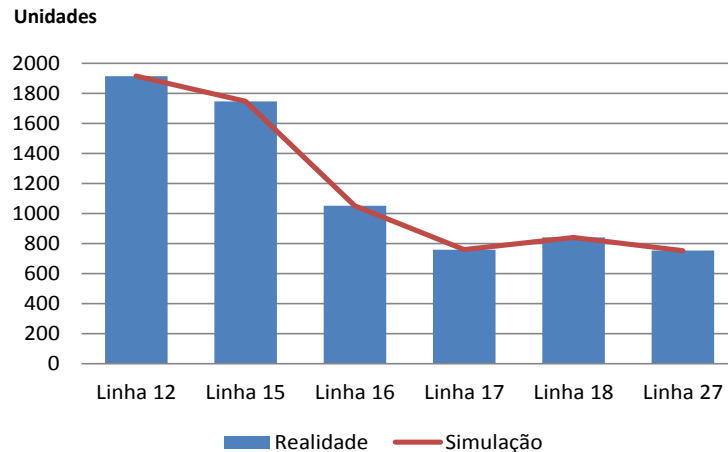


Figura 19 - Validação dos dados do simulador

Como se pode concluir do gráfico, o simulador foi validado e as ordens de produção reais coincidem com as ordens realizadas pela simulação. A velocidade média registada pelo simulador foi de 1,5 m/s, o que valida a realidade, visto que, esta velocidade é a velocidade média dos operadores nas suas deslocações. As distâncias foram coincidentes com a realidade, já que foram introduzidas no modelo com a verificação da escala do programa.

O teste de Turing foi feito a responsáveis da produção de aerossóis. Estes observaram os dados obtidos com o modelo de simulação relativo ao número de vezes que o operador se desloca para transportar cartões e acreditaram tratar-se de uma extração real de dados. Posteriormente, criaram-se animações ao modelo para lhes apresentar. Estes validaram de imediato o modelo, concordando que o modelo aproxima com bastante fiabilidade a realidade da zona de paletizadores na área produtiva de montagem de embalagens de aerossóis.

A Tabela 5 apresenta os principais resultados obtidos relativos ao desperdício de transporte relativo ao transporte de materiais efetuado pelo operador.

Tabela 5 - Resultados obtidos com a simulação do modelo inicial

<i>Resultados obtidos com a simulação do modelo inicial num ano de produção</i>	
<b>Tempo gasto em deslocações de transporte (minutos)</b>	17363,33
<b>Tempo gasto em deslocações por operador por turno (%)</b>	1,48 %
<b>Número de deslocações para transporte (unidades)</b>	61216
<b>Número de deslocações por ordem (unidades)</b>	8,8

Como é possível observar pela tabela, apesar de se verificar um número elevado de deslocações para transportar material por ordem, o tempo gasto com as mesmas não é muito relevante no contexto do problema. No entanto, como as atividades de transporte representam sempre atividades que não acrescentam valor para o cliente, considerou-se este desperdício no desenvolvimento das soluções apresentadas. Note-se que, apesar do tempo não se considerar significativo, um grande número de deslocações associadas a uma combinação de deslocações diferentes provocam entropia e desorganização no sistema. Esta foi a principal causa pela qual se considerou, aquando da análise inicial, que este seria um principal problema a nível dos fluxos desta área produtiva.

#### **Muda de Inventário**

Na análise da situação inicial, foi descrito que na zona inicial das linhas de montagem, existe um número de material máximo colocado próximo da linha (uma bobine de cobre, duas

paletes de folha-de-flandres, dois contentores de cúpulas e fundos...). No entanto, na zona final da linha verificou-se a existência de grandes quantidades de material para acondicionar aerossóis. Para ser possível analisar estes desperdícios, foi calculado o inventário médio dos diferentes tipos de materiais necessários ao acondicionamento dos aerossóis no ano de 2014. Foi feito o levantamento dos registos de inventário presentes em fábrica para os materiais cantos, separadores e planos de troca. A título de ilustração, representa-se na Figura 20 o stock médio de cantos de cartão, por referência, relativos ao ano de 2014. Este stock foi calculado com recurso aos registos semanais de todo o stock de cantos que se encontra na fábrica. As análises equivalentes para os restantes materiais encontram-se no Anexo E.

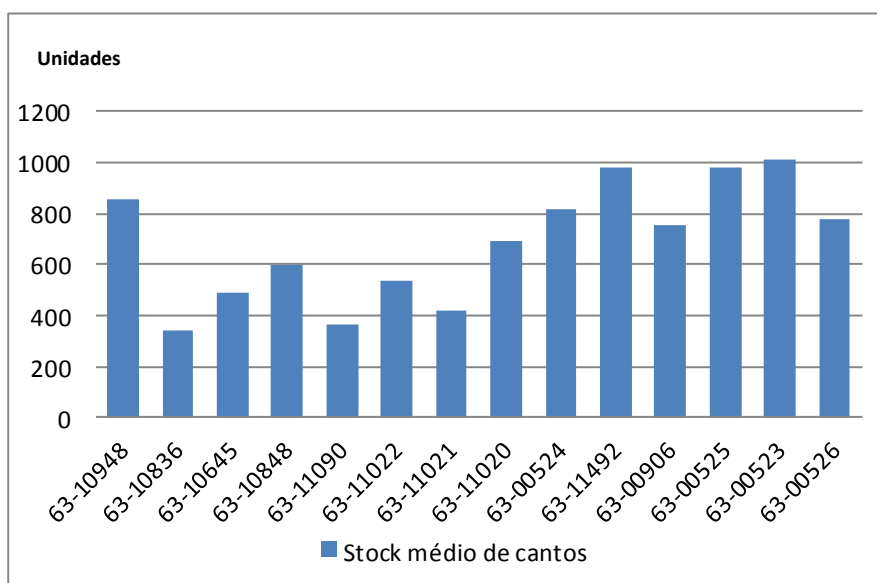


Figura 20 - Stock médio de cantos

Pela observação de todos os gráficos, é possível concluir que os níveis de stock na fábrica são particularmente elevados no que concerne ao material de cartão. Para perceber se este elevado stock estaria associado a uma elevada rotação do material, adicionalmente ao estudo acerca dos níveis de inventário presentes na fábrica, fez-se uma análise sobre a rotatividade das referências dos mesmos. Assim, tendo como referência os dados históricos de 2014, fez-se uma análise de Pareto para tentar perceber que referências de material têm maior ou menor rotatividade. Como é conhecido, a análise de Pareto é baseada na ideia que 80% dos benefícios são conseguidos com 20% do trabalho ou, de outro modo, que 80% dos problemas são devidos a 20% das causas (Requeijo e Lopes 2008). Os dados necessários para a elaboração desta análise foram retirados do sistema SAP, tendo em consideração o material usado nas ordens de produção. No entanto, estas análises não foram realizadas com base no inventário de paletes, dado o registo da utilização das referências nas paletes não ser fiável. Este problema foi alertado por alguns responsáveis e aquando da realização deste relatório, o material registado exigido numa ordem nem sempre coincidia com o material usado nessa ordem, provocando desvios a nível do sistema de informação, que assume sempre que o material usado e o exigido na ordem são coincidentes.

Esta análise teve em consideração as referências que eram mais usadas em número de ordens de fabrico, não correspondendo diretamente às mais usadas em quantidade, já que o interesse deste estudo era o de ter a perceção de quantas vezes as referências necessitavam de ser abastecidas nas linhas de fabrico.

Na Figura 21 está representado o diagrama de Pareto, onde é facilmente perceptível quais foram as referências de cantos mais e menos utilizadas no período em análise. Esta análise encontra-se no Anexo F para os restantes tipos de material.



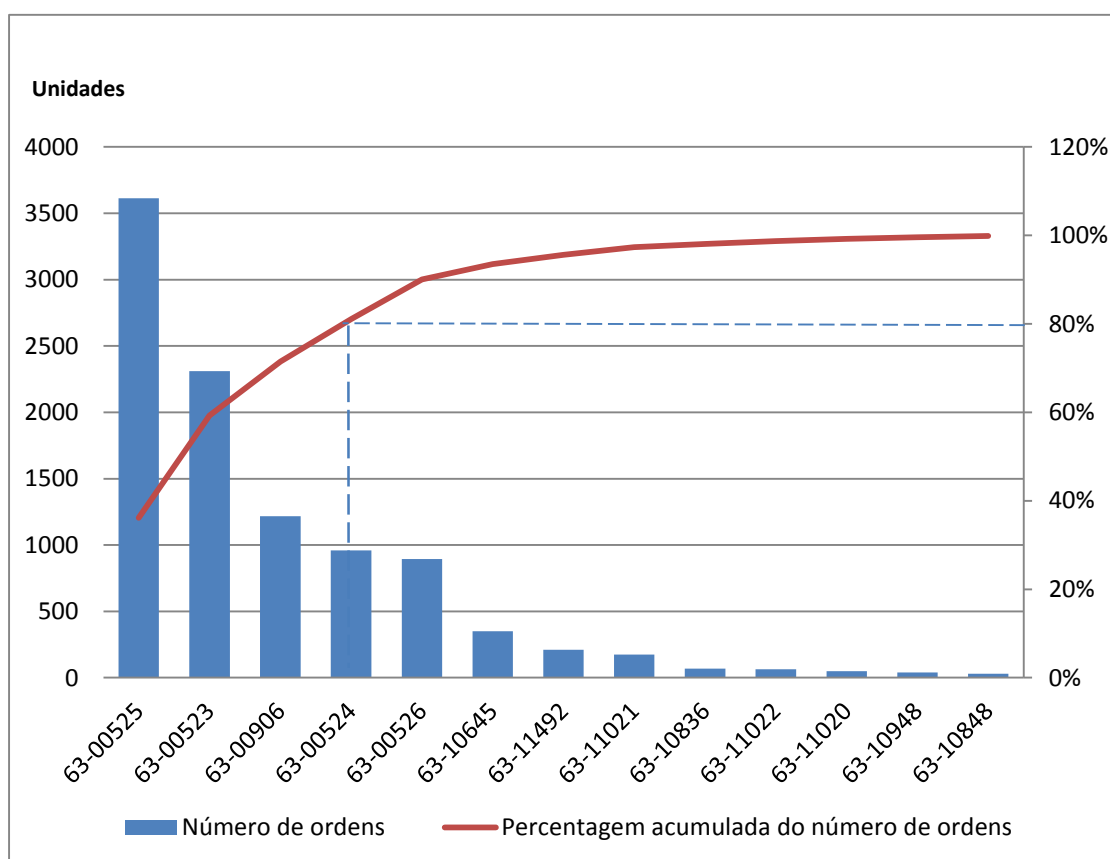


Figura 21 - Análise de Pareto de referências de cantos

Pela observação do gráfico é possível concluir que 80% das ordens de fabrico utilizam aproximadamente 20% das referências de cantos. As referências correspondentes a 80% das ordens são as seguintes: 63-00525, 63-00523, 63-00906 e 63-00524. As restantes referências apenas são usadas em 20% das ordens de fabrico de aerossóis e são assim consideradas produtos de menor rotação no fabrico de ordens de produção.

#### Problema de retornos

O modo como os retornos de material são realizados foi já brevemente descrito na secção 3. Em particular, o retorno de folha é o retorno mais crítico para a empresa e que maior preocupação causa, visto que cada folha é litografada para um cliente específico, não sendo possível utilizá-la para outros fins. De modo diferente, as cúpulas e os fundos podem ser sempre usados em diversas ordens e, dada a sua rotatividade, raramente são feitos retornos deste tipo de material. Deste modo, o estudo do problema dos retornos incidiu sobre os retornos da folha-de-flandres nas linhas de montagem de aerossóis.

Os dois métodos apresentados para a realização deste tipo de operação são pouco fiáveis, estando sujeitos a alguns erros: medição com uma régua ou cálculo do número de folhas subtraindo ao número de folhas do balote, o número de folhas necessárias na ordem. Nos casos em que o operador mede a altura das folhas sobranes com uma régua, esta medida revelou-se um método muito pouco eficaz e pouco preciso. Quando o cálculo do número de folhas restantes no balote é feito apenas recorrendo à diferença entre o número inicial e o número final, o método fica sujeito a pressupostos que quase nunca são verdadeiros, ou seja, pressupõe-se que o número de folhas do contentor inicial é correto e que não existe sucata. Assim, a imprecisão relativa ao número de folhas é agravada pelo possível erro que existe ao ser introduzida a quantidade de folha restante manualmente no sistema.

Verificou-se assim que quando um retorno é mal realizado, a introdução de dados no sistema de gestão de materiais - *Material Requirements Plannig* (MRP) é incorreta. Se a medida é feita por excesso, pode causar impacto a nível do abastecimento das linhas, visto que a próxima ordem que necessite deste tipo de folha será interrompida por falta de material. Por outro lado, quando a medida é feita por defeito, são pedidas ordens de produção à litografia para produzir folha que já existe em armazém, causando desperdício de inventário.

Para ser possível avaliar o impacto negativo que este problema tem nos fluxos de material e informação da área produtiva da montagem de aerossóis, criou-se um método que permite analisar os desvios da quantidade retornada. O objetivo deste estudo é perceber as diferenças existentes entre a quantidade retornada e a quantidade que o sistema assume como retornada. O método de pesagem foi o método selecionado para este controlo. Assim, com recurso a uma balança de grandes cargas, foi selecionada uma amostra de balotes de folha de retorno para serem pesados. Seguidamente, com recurso a uma balança de laboratório, foi pesada uma folha-de-flandres do balote. Para além desta pesagem, foi também necessário pesar um estrado da mesma referência de cada balote de folha. Com esta informação, e com recurso à fórmula 3.1, foi possível calcular o número exato de folhas presentes no balote retornado.

$$\text{Número de folhas de retorno} = \frac{\text{Peso do Balote} - \text{Peso do Estrado}}{\text{Peso da folha}} \quad (3.1)$$

Foi criada uma folha de registo para a realização deste estudo durante o período em análise, que se encontra no Anexo G. No fim deste período, foram registados todas os retornos acompanhados e calculou-se o desvio entre o número de folha registada no rótulo e o número real de folha retornada. Verificaram-se desvios positivos e negativos de cada retorno controlado e os resultados estão apresentados na Figura 22.

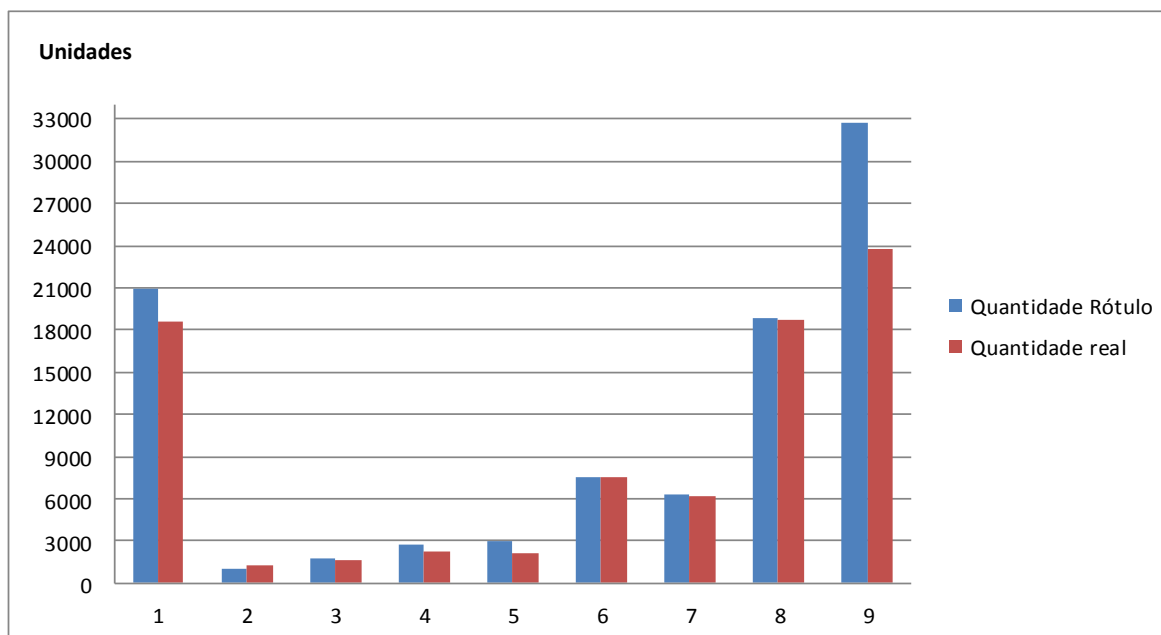


Figura 22 - Análise dos desvios nos retornos realizados

Pela observação do gráfico é possível concluir que os desvios são constantes e que a sua dimensão é variável, podendo estar associada a várias causas como o método escolhido para a realização do retorno ou por um erro na introdução da quantidade no sistema. A Tabela 6 apresenta os resultados relativos à média e desvio padrão destes desvios.

Tabela 6 - Resultado dos desvios nos retornos realizados

<b><i>Soma dos desvios (unidades de folha)</i></b>	12598,56
<b><i>Desvio padrão dos desvios</i></b>	2779,47
<b><i>Média de desvios (%)</i></b>	15,67

Pela observação da tabela, conclui-se que este é, de facto, um problema na fábrica de aerossóis. Neste estudo registaram-se aproximadamente 16% de desvios tanto positivos como negativos relativos ao registo efetuado no sistema pelo operador.

#### Síntese

Em resumo, e para concluir o levantamento do problema inicial presente na empresa no início do projeto, na Tabela 7 estão registados os principais problemas que foram objeto de estudo, bem como as ferramentas utilizadas e desenvolvidas para quantificar cada um.

Tabela 7 - Resumo dos problemas e ferramentas usadas

<b><i>Problema</i></b>	<b><i>Ferramentas para quantificar o problema</i></b>
<b><i>Muda de movimento</i></b>	Vídeos e cronometragem das atividades
<b><i>Muda de espera</i></b>	Registos de paragens nas linhas
<b><i>Muda de transporte</i></b>	Dados do sistema SAP e Modelo de simulação – <i>AnyLogic</i>
<b><i>Muda de inventário</i></b>	Dados do sistema SAP e de registos de inventário
<b><i>Problema de retornos</i></b>	Testes de pesagem

Todos estes problemas foram analisados no âmbito dos fluxos de material e informação na área da montagem de aerossóis. Na secção seguinte, apresentam-se as soluções concebidas para atenuar os problemas identificados.

## 4 Soluções propostas

Com o objetivo do projeto claramente definido e os problemas identificados, foram concebidas e desenhadas algumas soluções, formuladas com base na revisão de literatura efetuada no início do projeto. As soluções foram adaptadas consoante as necessidades da empresa e, na sua maioria, foram implementadas e foram medidos os principais resultados obtidos.

A metodologia para o desenho de soluções envolveu sempre os operadores da fábrica, de modo a ser possível perceber as principais dificuldades que encontram no dia-a-dia e que estão na génese de alguns dos desperdícios identificados. Este envolvimento de quem trabalha diariamente com os processos foi crucial para perceber se as soluções pensadas se poderiam implementar na empresa, visto que a validação das soluções só é possível se existir colaboração de quem irá contactar com as novas metodologias. Deste modo, foi necessário clarificar as vantagens que as alterações poderiam trazer para os operadores da fábrica, para que estes possam participar positivamente na introdução e manutenção das novas metodologias.

Grande parte das soluções tiveram inicialmente um período de teste numa linha piloto. Após esta implementação, foram quantificados os resultados para perceber os ganhos que se conseguiriam ter com a solução aplicada a toda a área de montagem de embalagens de aerossóis.

### 4.1 *Kanban*

A verificação de paragens e tempos de espera nas linhas de montagem de aerossóis, que resultam em *muda* de espera, teve como principal conclusão a necessidade de se criar um sistema *pull* que facilitasse o fluxo de material e informação entre os processos. Os processos envolvidos nesta área produtiva são os processos de abastecimento às linhas de montagem (transporte) e o processo produtivo.

Com o objetivo de obter ganhos no fluxo de material até à montagem, implementou-se um *kanban* para cada material, em cada linha de produção. Esta implementação começou por se fazer numa linha piloto, a linha 15. Apesar da linha 12 ter registado um maior número de paragens no período de análise, foi considerado pelos responsáveis que estes resultados teriam sido consequência de falhas no registo pelos operadores da linha 15. Esta linha encontra-se junto ao corredor central e acredita-se que alguns operadores se sentiram inibidos de registar paragens, visto que os condutores de empilhador tinham algum receio que o seu trabalho estivesse a ser avaliado pelos colegas das linhas de montagem. Por experiência na fábrica, os responsáveis acreditam que esta linha é a que tem registado um maior número de paragens por falhas no transporte de material. Uma das causas apontadas para esta diferença prende-se com a localização de algum material na linha, que não se encontra com muita visibilidade para quem passa.

Os *kanbans* foram criados em formato de cartão e têm como principais informações a linha de montagem, o material necessário e a quantidade necessária. Neste caso, torna-se irrelevante a indicação do fornecedor, visto ser sempre o armazém de produto intermédio.

Após serem definidas as informações necessárias no cartão, é necessário definir o número de unidades a serem reabastecidas pelo processo anterior. Como já foi referido anteriormente, a nível dos componentes principais de um aerossol (folha, cúpulas e fundos), existe um máximo de dois contentores na linha. Assim, o dimensionamento dos *kanbans* relativos a estes componentes, tendo como base esta política, ficou definido como um contentor. Relativamente ao verniz e ao fio de cobre, visto só existir um recipiente de cada um dos materiais na linha, a quantidade pedida nos *kanbans* é também de uma unidade.

Após o dimensionamento dos *kanbans*, como indicado anteriormente, os cartões foram desenhados e construídos de modo a serem usados facilmente pelos operadores da fábrica. Os cartões apresentam dupla face, existindo um lado verde, que corresponde à existência do máximo de material na linha e um lado vermelho, que corresponde à existência de um espaço na linha para reabastecer material. A título de exemplo, a Figura 23 apresenta um *kanban* para a folha-de-flandres usado na linha piloto.

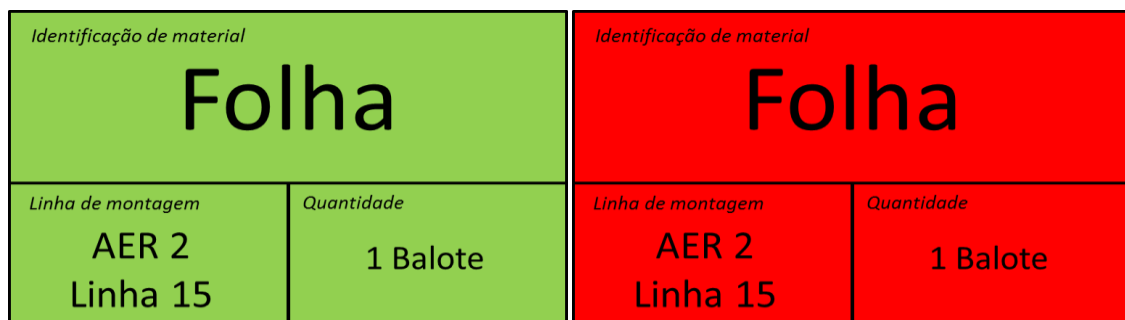


Figura 23 – Cartão *kanban* para folha-de-flandres

O objetivo da implementação desta ferramenta *lean* prende-se com a melhoria do fluxo de material e informação entre o armazém de produto intermédio e as linhas de produção. Visto que se trata de um sistema *pull*, esta informação (*kanban*) encontra-se no processo posterior (linha de produção) e fornece informação ao processo anterior (transporte de componentes). Na Figura 24 está representado um mapa de processo, onde é possível perceber o funcionamento deste sistema na área produtiva da montagem de aerossóis.

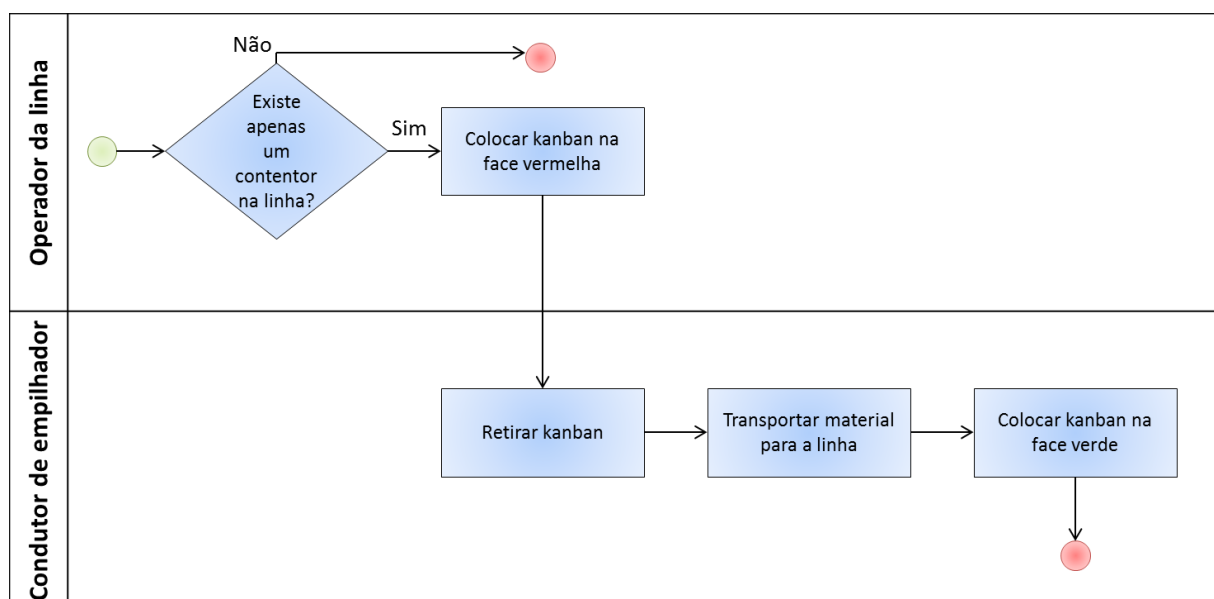


Figura 24 - Mapa de processo do sistema *kanban*

Na Figura 25 é apresentado o modo como foram implementados os *kanbans* na linha piloto, na fábrica de aerossóis. A Figura 25 a) representa uma situação em que na linha existem todos os materiais necessários na máxima quantidade possível, o que significa que não é necessário reabastecimento. Quando existe espaço para um contentor de componentes principais, ou no caso do verniz e cobre o nível mínimo ter sido atingido, o operador na linha vira o *kanban* para a face vermelha (Figura 25 b)). A Figura 25 c) representa o momento em que o condutor de empilhador está a realizar o transporte e, por isso, não existe *kanban* na linha, mas sim no novo contentor. Para a colocação destes cartões numa zona visível ao condutor de empilhador, decidiu-se colocar os *kanbans* num suporte comum para a linha de montagem.



Figura 25 - Implementação do sistema *kanban*: a) Máximo material presente na linha; b) Falta de fundos na linha e existência de retornos; c) O empilhador encontra-se a transportar fundos.

Como é observável na Figura 25 b), existe um cartão diferente dos restantes, com uma sinalização específica para retornos de material. A face azul do cartão é uma informação para o condutor de empilhador saber que existe material na linha que tem de ser retornado para o armazém. Note-se que, como já foi referido anteriormente, existe material que vem em excesso para a linha e deve ser retornado no final de cada ordem produtiva.

Para facilitar o fluxo de informação relativamente a esta situação, foram também criadas outras ferramentas de sincronização, com um formato diferente do cartão. Assim, foram criadas marcas no chão de fábrica, junto das linhas de montagem, que sinalizam os contentores de cúpulas ou fundos que devem ser retornados pelo condutor de empilhador. Para a folha-de-flandres foi criada uma placa de sinalização para indicar facilmente ao condutor que balote é necessário retornar. Deste modo, sempre que o cartão referente aos retornos de material estiver na face azul, o condutor de empilhador deve verificar a sinalização dos retornos na linha e, assim, perceber que material deve retirar da zona da linha de montagem. A Figura 26 e a Figura 27, tornam evidentes essas ferramentas de sincronização para os fundos ou cúpulas e para a folha-de-flandres, respetivamente.



Figura 26 - Marcas de retorno para cúpulas e fundos



Figura 27 - Placa para folha de retorno

#### 4.1.1 Principais resultados

A implementação dos *kanbans* foi efetuada com a preocupação de explicar muito bem o procedimento aos operadores. Foi dada a liberdade para questionarem as vantagens e mesmo fazerem críticas ao processo. O *feedback* foi muito positivo entre aqueles que estão envolvidos diariamente com este tipo de fluxos de material e informação, já que entenderam desde cedo as vantagens que isso lhes traria. Do ponto de vista de quem trabalha nas linhas de produção, os ganhos imediatos prendiam-se com a diminuição das movimentações necessárias para notificar o empilhador das falhas de material, bem como a preocupação associada ao desconhecimento da localização do condutor de empilhador.

Após a implementação do sistema de *kanbans* na linha 15 da montagem de aerossóis, os registos de paragens da linha por falta de transporte continuaram, tendo-se registado os resultados nas seis linhas de montagem, antes e depois da implementação. A Figura 28 apresenta os resultados obtidos com os registos feitos pelos operadores das linhas de montagem, durante os quinze anteriores e seguintes à implementação.

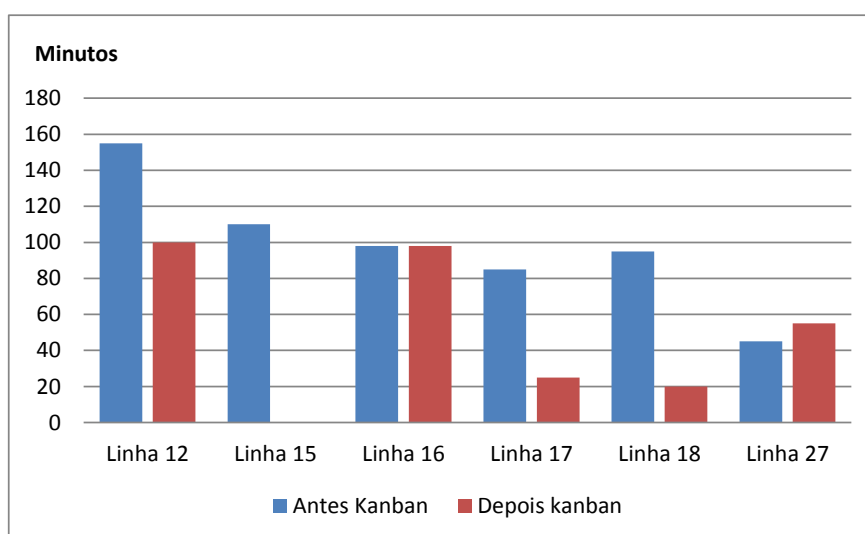


Figura 28 - Paragens das linhas antes e depois do sistema *kanban*

No período de análise após a implementação do *kanban* na linha piloto, na linha 15 verificaram-se zero paragens da linha devidas a falhas no transporte de material. Relativamente às restantes linhas, continuaram a verificar-se tempos de paragem devidas a atrasos no transporte. A grande diferença que se verificou entre as seis linhas de montagem neste período foi o facto da linha 15 ter um sistema de fluxo de informação puxado, com o uso de um sistema *kanban*, no qual o empilhador verifica falta de material atempadamente e não existe necessidade do operador se movimentar pela fábrica para encontrar o condutor de empilhador quando o material se esgota na linha. Embora existam algumas diferenças nos registos das restantes linhas, nas quais não foi tomada nenhuma medida neste período, estas diferenças podem dever-se a várias causas, tais como alterações nas cadências de produção, maior preocupação dos condutores de empilhadores, entre outras.

Com base nos resultados obtidos e, depois de verificado o sucesso da solução na linha piloto, decidiu alargar-se esta implementação às restantes linhas de montagem de embalagens de aerossóis. A metodologia usada para a implementação foi semelhante, bem como o modo de funcionamento dos *kanbans*. Até à data de entrega do presente relatório, não foi possível medir os resultados conseguidos com esta solução aplicada a toda a área produtiva da montagem de aerossóis. No entanto, não existem razões para acreditar que o sistema nas outras linhas funcione de maneira diferente ou traga algum tipo de entropia ao sistema. Assim, prevê-se que a paragem das linhas devidas a atrasos no transporte de material diminua substancialmente, podendo atingir as zero paragens, admitindo um comportamento



semelhante nas restantes linhas. Esta previsão é corroborada pelas opiniões dos operadores das linhas de montagem, que dizem não terem presenciado paragens nas linhas devidas a falta de transporte no período seguinte à implementação da solução em toda a área produtiva. Como o tempo disponível para análise seria muito pouco significativo, decidiu-se não retirar os resultados obtidos.

Assim, para complementar a análise e tendo como base os dados retirados na quantificação inicial do problema, calculou-se o número de aerossóis que se conseguiria produzir com a eliminação destes desperdícios. Dado que o desperdício de espera assume uma grande relevância na empresa por se traduzir em paragens das linhas de montagem, achou-se interessante fazer uma análise ao número de aerossóis que se poderiam produzir com o sistema de fluxo de informação e material eficiente. Admitindo que os tempos de espera, com a existência de um sistema *kanban* em todas as linhas de montagem, seja zero, quantificou-se a produção ganha com a implementação de um sistema *kanban* na área produtiva de análise. A Figura 29 apresenta o aumento do número de aerossóis produzidos em cada linha de montagem, com a redução dos desperdícios de espera, num período de 15 dias com um comportamento semelhante ao período de análise.

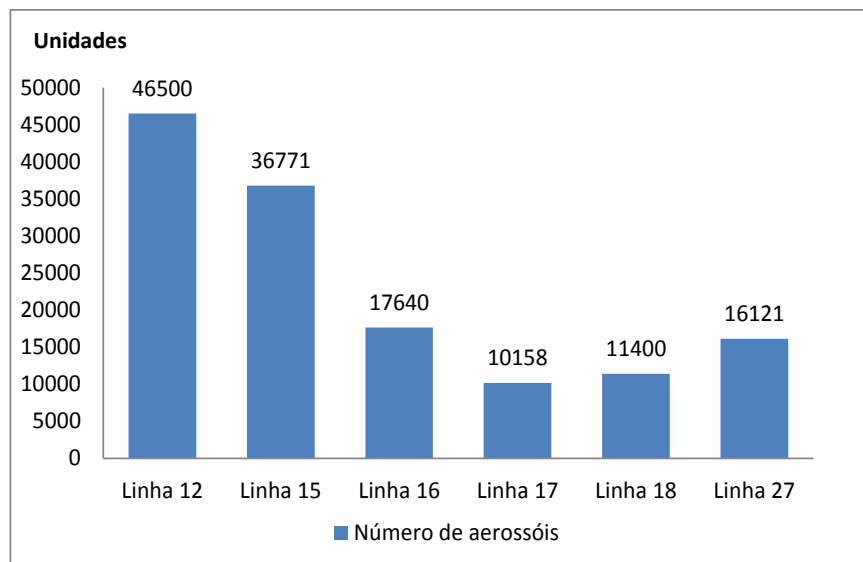


Figura 29 - Aumento do número de aerossóis produzidos em 15 dias com o sistema *kanban*

Pela análise da Figura 29 e somando os aerossóis produzidos em cada linha de montagem, sabe-se que a eliminação de desperdícios de espera representa aproximadamente um aumento de 139 milhares de aerossóis produzidos, num período de 15 dias (período de análise).

## 4.2 Sequenciador de produção

Uma das causas apontadas para o *muda* de movimento prendia-se com as deslocações necessárias para a consulta de ordens de produção, por parte dos cabeças de linha. Estas ordens encontravam-se numa pequena estante, como já foi apresentado na seção 3.

Para além da distância que o operador necessitava de percorrer para retirar as ordens de produção, a desorganização era constante, verificando-se algumas trocas de material ou sequências na ordem de produção. Assim, construiu-se um sequenciador, a ferramenta que se julgou ideal para a resolução do problema detetado. Para ser possível testar a viabilidade desta solução, construiu-se um protótipo em cartão, que permitisse avaliar o modo como seriam sequenciadas as ordens de produção. Na Figura 30 está apresentado o protótipo que foi inicialmente construído para validar a ferramenta, e, na Figura 31 está representada a implementação do sequenciador final na linha piloto, a linha 15.





Figura 30 – Protótipo de sequenciador



Figura 31 - Sequenciador

As ordens de produção são colocadas sequencialmente no sequenciador, divididas por separadores. A primeira ordem é a ordem seguinte da sequência e está visível para ser possível a sua consulta, por parte dos operadores da linha. Qualquer informação relevante, nomeadamente a troca de material ou tipo de verniz, é previamente registada pelo operador de modo a evitar paragens no início da produção. Quando a ordem inicia, o operador retira a ordem do sequenciador (Figura 32) e coloca o separador atrás da última ordem (Figura 33), fazendo com que o declive associado ao sequenciador, faça a próxima ordem deslizar.

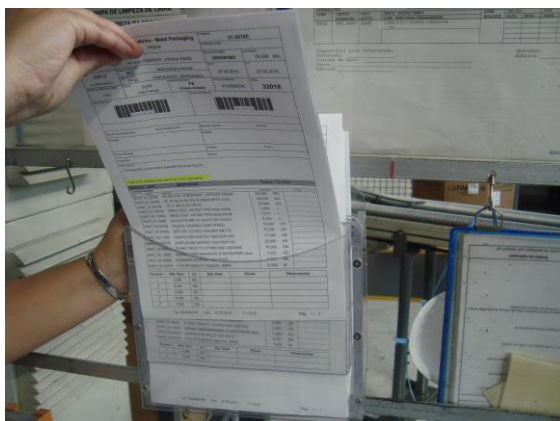


Figura 32 - Operador a retirar ordem de produção

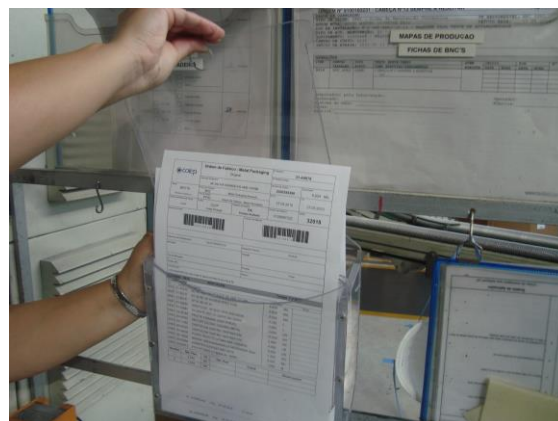


Figura 33 - Operador a deslocar separador

#### 4.2.1 Principais Resultados

A implementação do sequenciador teve como principais objetivos a redução do desperdício de movimentação e a diminuição da desorganização presente na sequência de ordens de produção. De modo a ser possível quantificar as melhorias que se obteve com a implementação do sequenciador em todas as linhas de produção, foi quantificado o tempo que se poupou em deslocações durante 1 mês. Note-se que atualmente quem coloca as ordens no sequenciador são os responsáveis pela produção, o que não interfere com o funcionamento das linhas de produção.

As deslocações feitas pelos operadores para fora da linha de montagem, quando existe a necessidade de retirar a próxima ordem, foram totalmente eliminadas com a implementação do sequenciador na linha de produção. Na Tabela 8 encontram-se os principais resultados obtidos relativamente ao tempo gasto em movimentação. Note-se que, a estes resultados são acrescentadas as melhorias conseguidas com a organização das ordens na linha de produção, facilitando a sua consulta por parte dos operadores.

Com recurso a dados históricos de 2014, calculou-se o número médio de ordens por mês e assim, o desperdício de movimento no mesmo período.

Tabela 8 – Tempo eliminado de movimentação para retirar ordens

<i>Tempo eliminado por ordem</i>	<i>Tempo eliminado por mês</i>
254 segundos	40 horas e 52 minutos

### 4.3 Supermercado

Na análise de rotatividade de stocks na fábrica, concluiu-se que cerca de 20% dos cartões existentes são usados em 80% das ordens de produção. Para além disso, foram registados níveis elevados de inventário que não estão diretamente relacionados com a rotatividade das ordens. Todos os cartões e paletes usadas para acondicionar os aerossóis encontram-se espalhados pela fábrica em locais definidos, tendo em conta o espaço apresentado.

Esta análise inicial foi decisiva para concluir que seria necessário reduzir o inventário presente na fábrica e realocá-lo conforme as necessidades, diminuindo o *muda* de inventário. Assim, a solução que se revelou mais adequada para o problema foi a criação de um supermercado logístico, na área produtiva de montagem. Esta solução necessitou de uma análise exaustiva relativamente ao tipo de inventário, à quantidade de stock e à localização ideal para o mesmo. A implementação deste tipo de solução teve como principais objetivos a redução de inventário e a redução da desorganização na fábrica. Apesar de se ter concluído que o tempo de transporte feito pelo operador não era muito relevante, esta solução traria vantagens relativamente à necessidade de deslocações. É importante realçar que apesar destas deslocações serem pouco relevantes relativamente ao tempo total, podem causar entropia no sistema, dada a desorganização na localização dos materiais, bem como a falta de ergonomia encontrada no transporte do material, que se revelou um esforço desnecessário para os operadores da linha.

A metodologia utilizada para o desenho de um supermercado logístico na zona de paletização de embalagens, passou pela definição de quais as referências que deveriam ficar na fábrica e aquelas que deveriam ficar armazenadas no armazém deste tipo de produtos, pelo cálculo da quantidade de stock que deve existir de cada uma das referências e pela localização possível para esta quantidade de material. Foi também necessário definir como seria o funcionamento do supermercado e como seriam abastecidos os materiais que deixariam de existir na fábrica, em sítios de fácil acesso ao operador de paletizador.

Como já foi referido, os materiais que se encontram espalhados pela fábrica relativamente perto dos paletizadores são as paletes, os separadores, os planos de troca, os cantos, a fita-cola e os agrafes. É importante realçar que as paletes e os separadores são abastecidos pelo condutor de empilhador, visto que têm de ser colocados numa zona da linha inatingível pelo operador. Dada a diferença de abastecimento entre estes dois materiais e os restantes, transportados e abastecidos pelo operador da linha, definiu-se que não existe necessidade destes materiais se encontrarem numa zona comum aos restantes. Deste modo, foi definido inicialmente que a criação de um supermercado para uso do operador seria independente de materiais como as paletes e os separadores. Esta necessidade prendeu-se com a falta de espaço existente na fábrica para a concentração de vários materiais. Assim, a solução ideal foi a criação de dois supermercados, um para material abastecido pelo condutor de empilhador e outro para o material abastecido pelo operador. Ambos os supermercados são reabastecidos pelo condutor de empilhador. A Tabela 9 é um resumo da alocação dos diferentes produtos a responsáveis pelo abastecimento e, consequentemente a um supermercado.

Tabela 9 - Alocação de cada tipo de material aos supermercados

<i>Material</i>	<i>Operador</i>	<i>Condutor de empilhador</i>	<i>Supermercado</i>
<b>Cantos</b>	✓		Supermercado 1
<b>Planos de Troca</b>	✓		Supermercado 1
<b>Agrafes</b>	✓		Supermercado 1
<b>Fita-cola</b>	✓		Supermercado 1
<b>Separadores</b>		✓	Supermercado 2
<b>Paletes</b>		✓	Supermercado 2

Após estarem distribuídos os produtos por zonas e supermercados, foi necessário perceber quantas referências devem ficar de cada produto no supermercado. As restantes referências ficam armazenadas no armazém e só são transportadas para as linhas de montagem quando uma ordem de produção assim o exigir. Com base nas análises feitas relativamente à rotatividade de produtos no ano de 2014, definiu-se que em fábrica, e por isso no supermercado, apenas devem ficar produtos de alta rotatividade, normalmente designados por produtos A. Desta análise foram excluídos os materiais agrafes e fita-cola, dada a existência de apenas uma referência de ambos. Estes materiais são usados para colocar os cantos e planos de troca na paleta de produto acabado. A construção de cada um dos supermercados foi feita separadamente, dada a complexidade de procedimentos diferente que cada um exige.

#### 4.3.1 Supermercado 1

Depois das conclusões retiradas das análises de Pareto referentes a cada material, na Tabela 10 apresenta-se o número de referências em fábrica que terá cada um dos materiais utilizados na zona de paletização de embalagens, na parte final das linhas de montagem. Note-se que as referências de cantos aproximam-se de 20% das referências totais, mas as referências de planos de troca correspondem a 50% das referências totais. No entanto, visto que este número corresponde a aproximadamente 80% das ordens, deu-se uma maior atenção a estas referências.

Tabela 10 - Alteração do número de referências de cantos e planos de troca na fábrica

<i>Referências de Cantos</i>		<i>Referências de Planos de Troca</i>	
<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
14	4	4	2

Após terem sido definidos os cantos e planos de troca que seriam retirados da fábrica, foi dimensionado o supermercado para satisfazer as necessidades do operador de paletizador na linha. Assim, definiu-se que seria necessário criar um stock de segurança para cada referência presente. Recorreu-se à fórmula apresentada em (2.1), que diz respeito ao cálculo do stock de segurança, admitindo variância na procura e tempo de reposição de stock constante. O tempo de reposição foi considerado constante, visto que se pensou que não faria sentido calcular a variância do mesmo, dada a dificuldade em apurar dados desta natureza. Deste modo, apenas foi necessário definir um tempo máximo para o reabastecimento. A variância na procura foi assumida e obtida através de dados históricos diários referentes ao ano de 2014. Para se obter a variância por hora de produção recorreu-se à fórmula 4.1 apresentada por Cachon e

Terwiesch (2012), que permite calcular o desvio padrão num curto período a partir do desvio padrão num longo período.

$$\sigma_s = \frac{\sigma_L}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

Onde:

$\sigma_s$ : desvio padrão do período curto

$\sigma_L$ : desvio padrão do período longo

n: número de períodos curtos

A Tabela 11 apresenta os vários fatores para o cálculo do stock de segurança e o valor encontrado para o mesmo, para cada uma das referências colocadas no supermercado. Depois de calculado este valor, recorreu-se à fórmula 2.2 para calcular o nível de reaprovisionamento. Este indicador revelou-se essencial para o condutor de empilhador, responsável por reaprovisionar o stock do supermercado, para saber a partir de que nível de stock deve transportar novo material.

Tabela 11 - Cálculo do nível de reaprovisionamento do supermercado 1

<i>Material</i>	<i>Tempo de reposição (minutos)</i>	<i>k</i>	<i>Variância da procura por hora</i>	<i>Stock de Segurança (unidades)</i>	<i>Nível de reaprovisionamento (unidades)</i>
<b>63-00525</b>	30	2,33	52,09	12	31
<b>63-00523</b>			109,73	18	32
<b>63-00906</b>			68,07	14	20
<b>63-00524</b>			119,36	18	27
<b>63-08500</b>			6,43	5	11
<b>63-08499</b>			3,00	3	8

A implementação foi feita numa zona central relativamente às seis linhas de montagem de embalagens de aerossóis. Foram criadas áreas para cada uma das referências com divisões, sinalizando o tipo de material. Nas divisórias dos diferentes tipos de material, foi sinalizado o nível de reaprovisionamento de cada referência, tendo em conta o número encontrado na análise efetuada, como apresentado na Figura 34. Deste modo, sempre que este nível é atingido, o condutor de empilhador repõe o stock com a quantidade de cartões existente numa paleta, quantidade essa definida pelo fornecedor externo.



Figura 34 - Implementação do supermercado 1

A criação de um supermercado com estas características tem impactos a nível do processo de transporte deste tipo de material. Na situação inicial, como o material estava sempre disponível em fábrica (existia excesso de inventário em vários pontos na zona de paletização de embalagens), o operador tinha sempre à sua disposição todo o material exigido nas ordens de produção. No novo modelo de gestão de inventário, o operador apenas tem acesso aos materiais que representam aproximadamente 80% das ordens de produção, calculados na análise de Pareto. Deste modo, foi necessário criar um procedimento para as ordens que necessitam de material que não existe no supermercado. A solução que se revelou mais apropriada para esta situação, foi a criação de um sistema de *kanbans* comum às seis linhas de produção. Numa zona central, colocou-se um suporte semelhante ao suporte de *kanbans* colocado no início das linhas de montagem, onde se criou um espaço, nesse suporte, dedicado a cada uma das linhas, como se pode observar na Figura 35. Paralelamente, foram criados cartões para cada um dos materiais que se encontram no armazém. Assim, sempre que o operador de paletizador verificar, na ordem seguinte visível no sequenciador, a necessidade de um material que não existe na fábrica, coloca o cartão correspondente a esse material na zona do suporte que diz respeito a essa linha de montagem. Foi criada uma instrução de trabalho para consulta dos operadores nesta zona de paletização de embalagens, que se encontra apresentada no Anexo H.



Figura 35 - Suporte para *kanbans* de material do armazém

O condutor de empilhador, quando verifica a existência de um cartão, desloca-se ao armazém para transportar o material necessário para a linha de montagem. A palete inteira desse material é levada para a linha e o operador é responsável por tirar o material necessário para acondicionar as paletes de aerossóis. No final, o operador acondiciona a paleta em segurança e o condutor de empilhador retorna-a para o armazém. A Figura 36 é um mapa de processo que clarifica o processo de abastecimento de material que não se encontra disponível na fábrica.

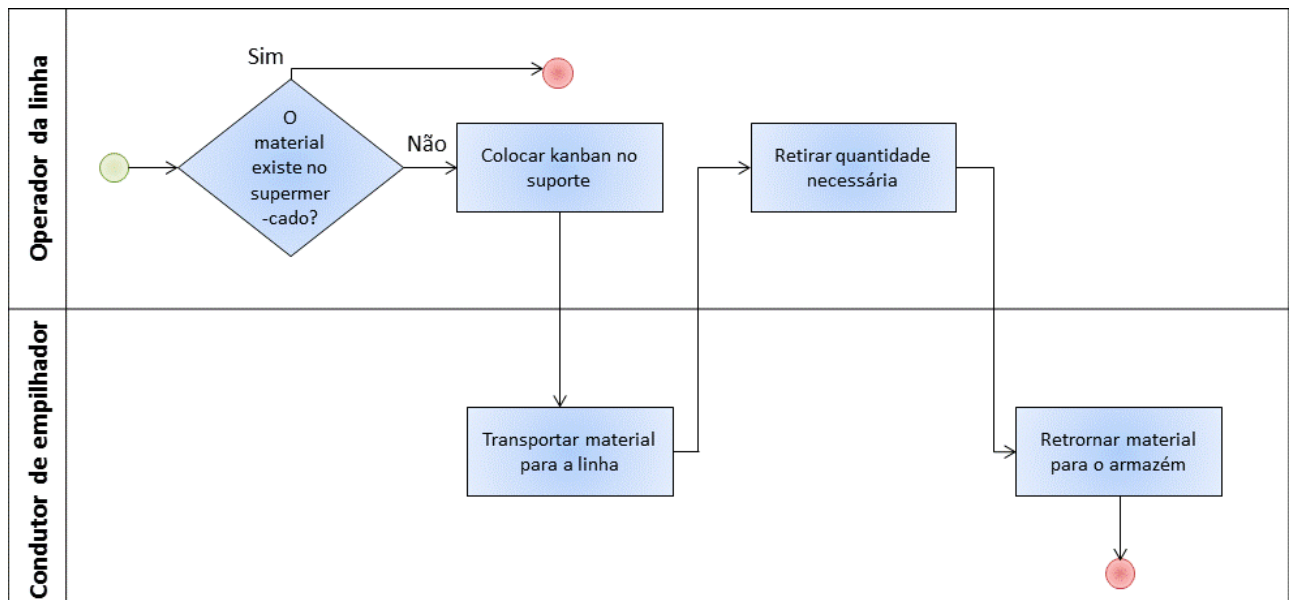


Figura 36 - Mapa de processo do sistema *kanban* de apoio ao supermercado

Com este processo, o abastecimento de todos os materiais para o acondicionamento por parte do operador (supermercado 1) está assegurado. No entanto, a criação de um único local onde o operador do paletizador se desloca para transportar todo o material necessário para o acondicionamento, apenas faria sentido se o operador tivesse a capacidade de transportar esse material num só percurso, sem necessidade de repetição da rota que torne possível o abastecimento de todos os materiais necessários na ordem de produção.

Para colmatar esta necessidade, foi criado um carrinho adaptado às necessidades de material, que permite transportar cantos, planos de troca, agrafes e fita-cola, visto que são os materiais que o operador de paletizador retira do supermercado. Este carrinho foi desenhado de um modo ergonómico, com o objetivo da sua utilização ter duas funções no processo de acondicionamento de paletes. Além do transporte de materiais facilitado, este carrinho foi também construído com o objetivo de servir de bordo de linha junto das linhas de produção de aerossóis. Os cartões espalhados e encostados ao paletizador de embalagens são eliminados e todo o material necessário para o acondicionamento das paletes é colocado num suporte comum, com uma zona específica para cada tipo de material, o mais próximo possível do operador e do seu local de operação. Assim, no início de cada ordem de produção, o operador de paletizador dirige-se ao supermercado 1 e retira todo o material necessário para a ordem de produção e coloca-o no carrinho. De seguida, desloca o carrinho até à zona de paletização e coloca-o no local mais próximo do processo.

Para a construção do carrinho, foi necessário desenhá-lo e dimensioná-lo de acordo com as necessidades presentes. Inicialmente, pensou-se que o método de dimensionamento mais eficaz, seria o de calcular o número máximo de material que pode ser necessário numa ordem e basear o dimensionamento do carrinho nesse número. No entanto, essa quantidade de material foi analisada e concluiu-se que apenas ocorreu uma vez durante o ano anterior. O mesmo se verificou com a segunda ordem que necessitava de maior material. Por este facto, e porque quanto maior for o carrinho, mais difícil se torna o seu transporte, decidiu-se dimensionar o carrinho para durar um máximo de duas horas na linha piloto, a linha com maior cadência. As duas horas foram definidas como o máximo de tempo que o operador não se dirige ao supermercado. Este número foi definido com a colaboração dos responsáveis, aparentando ser um número adequado para que o carrinho não tenha dimensões exageradas. Deste modo, o operador dirige-se ao supermercado no final de cada ordem, com exceção das ordens que tenham uma duração maior que duas horas. Para estas ordens, o operador dirige-se ao supermercado as vezes que forem necessárias em períodos de duas horas. Escolheu-se o dimensionamento para a linha de maior cadência, visto que foi esta linha que registou um maior número de deslocações. Na Tabela 12 estão os dados utilizados para o cálculo das quantidades de material necessárias no carrinho.

Tabela 12 - Cadência da linha 12 de montagem

<i><b>Linha</b></i>	<i><b>Cadência teórica (aerossóis/hora)</b></i>	<i><b>Tempo médio por palete (minutos)</b></i>	<i><b>Nº de cantos por palete</b></i>	<i><b>Nº de planos de troca por palete</b></i>
<b>12</b>	18000	3,43	4	1

Com base nestes dados, foi calculada a quantidade necessária para abastecer a linha 12 durante 2 horas. A Tabela 13 apresenta os resultados dessa análise. A fita-cola e os agrafes, apesar de serem materiais transportados no carrinho, não foram quantificados por ordem, dada a dificuldade de quantificar a quantidade gasta numa palete. Para além disso, a quantidade gasta para o acondicionamento é muito pequena, o que faz com que o reabastecimento destes materiais seja suficiente para um número grande de ordens.



Tabela 13 - Dimensionamento do carrinho

<i>Tempo de reabastecimento</i>	<i>Nº de planos de troca</i>	<i>Nº de cantos</i>
<b>2 horas</b>	35	140

Note-se que, este dimensionamento do carrinho foi feito para o tempo máximo de reaprovisionamento possível. No entanto, a indicação dada ao operador foi a de se deslocar ao supermercado no final de cada ordem para retirar o material exigido. Se for necessário mais material (no caso de ordens longas), o mesmo será reabastecido durante a ordem de produção.

Após ter sido calculada a quantidade necessária para o acondicionamento do carrinho, foi medida a grossura dos cartões e o carrinho foi construído com base nessas dimensões. Com recurso a um programa de desenho avançado, *SolidWorks*, foi desenhado o carrinho para ser possível a sua construção. Na Figura 37 está representado o desenho elaborado e no Anexo I encontram-se as vistas principais do desenho em 2D.

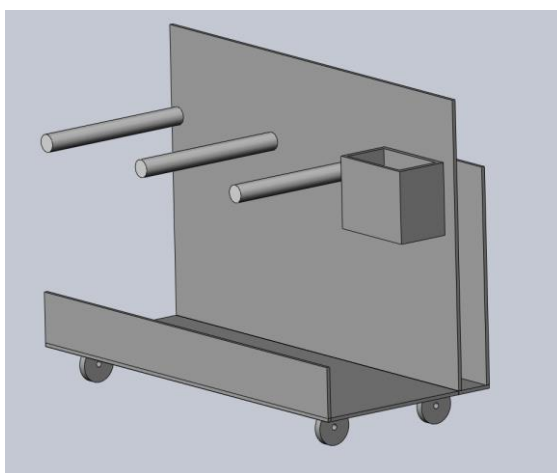


Figura 37 - Desenho 3D do carrinho

No carrinho construído utilizaram-se materiais existentes já na empresa, sendo essa a razão de se encontrar algumas diferenças nos materiais usados. No entanto, as dimensões foram cumpridas e o objetivo foi conseguido com sucesso. Na Figura 38 é possível observar o carrinho a auxiliar o transporte e na Figura 39 está representada a sua utilização enquanto bordo de linha, facilitando os movimentos do operador no acondicionamento de paletes de embalagens de aerossóis.



Figura 38 - Carrinho a auxiliar o transporte



Figura 39 - Carrinho com função de bordo de linha

### Principais resultados

Os principais resultados obtidos com esta solução foram conseguidos com as implementações feitas relacionadas com a criação do supermercado 1. Na Tabela 14 encontram-se os principais resultados associados às diferentes implementações.

Tabela 14 - Principais resultados da implementação do supermercado 1 e carrinho

<i>Resultado</i>	<i>Supermercado 1</i>	<i>Carrinho</i>
Diminuição de movimentações no acondicionamento de paletes		✓
Diminuição de inventário	✓	
Diminuição de deslocações dos operadores	✓	✓
Melhoria da organização na fábrica	✓	
Aumento das deslocações ao armazém pelo condutor de empilhador	✓	

Como é possível observar pela tabela, os resultados obtidos tiveram impacto a vários níveis, refletindo-se em reduções de *muda* de movimento, *muda* de inventário e *muda* de transporte. A diminuição de movimentações no acondicionamento de paletes, de inventário e a diminuição de deslocações dos operadores representaram resultados positivos e quantificáveis. A melhoria da organização da fábrica foi visível, dada a eliminação dos postos de material espalhados pela fábrica, resultado intangível mas muito importante para o bom desempenho dos processos.

Após a existência de um bordo de linha (carrinho) na linha piloto, foram medidos novamente os tempos de movimentação para o acondicionamento das paletes de aerossóis e as diferenças encontradas estão registadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Redução do tempo de acondicionamento de paletes

<i>Tempo de acondicionamento por paleta</i>	
Antes 114 segundos	Depois 81 segundos
<b>Redução de 28,95%</b>	

Após 10 observações, verificou-se uma redução de 28,95% no desperdício de movimentação causado pelos materiais não se encontrarem na melhor zona que permita menores movimentações ao operador no acondicionamento de paletes. Note-se que a esta redução foi adicionada a melhoria intangível de ergonomia do processo.

No capítulo anterior, foram apresentados os níveis de inventário médio do ano de 2014, calculados com base em registos semanais feitos pela empresa. Com a implementação do supermercado, calculou-se o inventário médio pela quantidade económica, visto que este corresponde a metade desta quantidade. Os resultados da diferença de inventário médio de cada um dos materiais do supermercado 1 encontram-se representados na Figura 40.



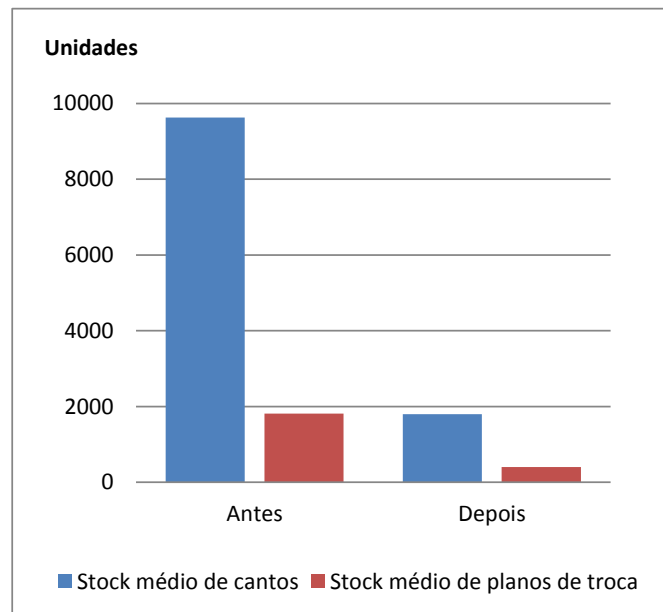


Figura 40 - Stock médio de cantos e planos de troca antes e depois do supermercado 1

Por observação do gráfico é possível concluir que a implementação do supermercado 1 provocou grandes reduções relativas ao *muda* de inventário descrito na análise inicial do problema. A Tabela 16 quantifica, em percentagem, a redução obtida com este tipo de solução de gestão de inventário.

Tabela 16 - Redução do stock médio de cantos e planos de troca

<i>Stock médio de cantos e planos de troca</i>	
Antes 11441 unidades	Depois 2200 unidades
<b>Redução de 80,77%</b>	

A diminuição das deslocações dos operadores, apesar de se ter verificado que não era um problema muito significativo relativamente a desperdícios de transporte, foi um dos resultados positivos da implementação do supermercado. A implementação deste sistema de gestão de inventário implicou a necessidade de mais deslocações ao armazém pelo condutor de empilhador, já que é este quem abastece as linhas de montagem sempre que as ordens de produção exigem material que não está na fábrica. No entanto, isto apenas acontece para produtos de média e baixa rotação, normalmente designados por produtos B e C.

De modo a ser possível comparar os resultados da situação inicial com a solução implementada, criou-se um modelo de simulação para o novo modelo de gestão de inventário e deslocações. Mais uma vez com recurso ao programa de simulação *AnyLogic*, criou-se um modelo idêntico ao anterior, onde se alterou o número de referências da fábrica e a localização dos materiais respeitantes ao supermercado 1. Adicionalmente, criou-se a simulação do fluxo que existe quando são necessárias referências que não se encontram na fábrica. Foi também verificado se o nível de reaprovisionamento do supermercado é fiável e, por isso, se o stock não atinge o nível zero na fábrica.

A vantagem de criação de uma simulação da implementação realizada traz vantagens não só porque permite modelar o nível da complexidade que existe no sistema e diferenças das ordens de produção, mas também porque permite a alteração da solução, caso os resultados

não sejam satisfatórios. No presente problema, as principais conclusões que se pretendem obter com a simulação da solução apresentada são: (1) verificar se o nível de reaprovisionamento está definido com o nível de segurança desejado (o stock do supermercado nunca atinge o zero) e (2) verificar se o tempo total gasto em deslocações (deslocações ao armazém e ao supermercado) é menor que o tempo que era gasto em deslocações antes da implementação do supermercado. Estes são os principais fatores chave a ter em consideração para confirmar o sucesso da implementação. Para ser possível fazer este controlo, foi elaborado um modelo com base no modelo realizado para a situação inicial, onde foram especificadas as referências que se encontram em fábrica (e quais as suas localizações), uma variável de stock para cada uma das referências e um evento de simulação para verificar esse stock a cada trinta minutos. Os *inputs* dados aos sistema são os mesmos neste modelo representativo da simulação, sendo que os *outputs* adicionais são os descritos nesta secção. Na Tabela 17 estão apresentados os resultados obtidos com a simulação, onde é possível confirmar se os níveis de stock atingidos com a implementação do supermercado não implicam aumentos de ineficiência no processo, como aumentos no tempo de transporte ou paragens das linhas devidas a falta de material no supermercado (stock igual a zero).

Tabela 17 - Resultados da simulação do modelo implementado

<b>Resultados obtidos com a simulação do novo modelo</b>	
<b>Tempo gasto em transporte pelo operador (minutos)</b>	1123,9
<b>Tempo gasto em transporte pelo empilhador (minutos)</b>	8844,5
<b>Tempo total gasto em transporte (minutos)</b>	9968,4
<b>Nº de vezes que o stock foi zero</b>	0

Por observação da Tabela 17, é possível retirar os resultados obtidos com a simulação da solução referente ao supermercado 1. O nível de reaprovisionamento foi validado, visto que, o stock nunca atingiu zero em nenhuma das referências no período simulado – um ano. A Tabela 18 representa a redução conseguida com o transporte, traduzindo a redução que se conseguiu com este tipo de *muda*.

Tabela 18 - Redução do tempo de transporte

<b>Tempo de transporte por ano</b>	
<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
17363, 33 minutos	9968,4 minutos
<b>Redução de 42,59%</b>	

A redução que se conseguiu com o tempo de transporte foi significativa e foi cerca de 43%. Apesar de não se ter considerado um problema muito relevante na análise inicial ao problema, a redução de transporte foi conseguida facilmente com a implementação do supermercado 1. A simulação foi feita com o objetivo de se extrapolar facilmente os resultados obtidos. Deste modo, simulou-se um dimensionamento diferente do número de referências presentes no supermercado. O modelo de solução proposto contempla 4 referências de cantos e 2 referências de planos de troca. No novo modelo de teste simulou-se o modelo com a existência de apenas três referências de cantos e uma de planos de troca. Esta análise revelou-se interessante para ser possível perceber como o novo sistema de gestão de inventário se comporta com uma alteração. Os resultados obtidos encontram-se de na Tabela 19.

Tabela 19 - Resultados obtidos com a simulação da solução alterada

<b>Resultados obtidos com a simulação do modelo alterado</b>	
<b>Tempo gasto em transporte pelo operador (minutos)</b>	1123,9
<b>Tempo gasto em transporte pelo empilhador (minutos)</b>	18728,5
<b>Tempo total gasto em transporte</b>	19852,4
<b>Nº de vezes que o stock foi zero</b>	0

Neste novo modelo o tempo gasto em transporte revelou-se superior ao modelo inicial, sendo por isso considerada uma hipótese que causa certamente mais entropia no sistema, dada a necessidade do condutor de empilhador se deslocar ao armazém de produto várias vezes. Neste novo modelo, o stock médio seria 2000 unidades de cartões, menos 200 unidades relativamente ao modelo de solução proposto. Deste modo, considerou-se que a diminuição de stock relativa ao modelo implementado (quatro cantos e dois planos de troca) não compensaria o aumento de entropia e tempo de transporte que se verificaria na fábrica.

Foi interessante analisar a potencialidade da simulação como ferramenta de modelação, sendo fácil extrapolar os dados obtidos com recurso ao modelo de simulação criado para a solução referente ao supermercado 1. Concluiu-se assim que a redução de referências feita inicialmente foi a mais vantajosa, tendo em consideração não só a redução do nível médio de inventário e do tempo total de transporte, bem como a segurança obtida com a definição do nível de reaprovisionamento.

#### 4.3.2 Supermercado 2

A criação do supermercado 2, como previamente apresentado, teve como objetivo a redução de inventário e organização na fábrica. A complexidade associada a este estudo foi menor relativamente ao supermercado 1, visto que quando o material é abastecido pelo condutor de empilhador, o desperdício de transporte é irrelevante, dado que as zonas de material estão localizadas em sítios estratégicos que permitam a menor distância.

No entanto, as análises de níveis de inventário e rotatividade revelaram grandes desperdícios de inventário, que podiam ser reduzidos com a criação do supermercado 2. Com base nos resultados da análise de Pareto realizada, decidiu-se reduzir o número de referências da fábrica dos materiais abastecidos pelo condutor de empilhador nas linhas de montagem. No entanto, esta redução apenas foi possível para separadores de cartão. As paletes revelaram bastantes irregularidades no consumo, sendo elevados os desvios existentes entre a paleta planeada para uma ordem e a paleta utilizada em 2014. Só foi possível chegar a esta conclusão conversando com os operadores das linhas e alguns responsáveis. A razão que apontaram para estes desvios foi a falta de revisão pela organização deste tipo de material alocado a uma ordem produtiva. Por este motivo, dada a reduzida fiabilidade destes dados, decidiu-se que as alterações afetariam apenas os separadores de cartão. Assim, decidiu-se que as paletes seriam colocadas no supermercado 2, mas sem alteração do número de referências e inventário. Na Tabela 20 está representada a diferença relativamente ao número de referências de separadores de cartão após a futura implementação do supermercado.

Tabela 20 - Alteração do número de referências de separadores na fábrica

<b>Referências de Separadores</b>	
<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
4	1

O nível de reaprovisionamento foi calculado com recurso às fórmulas 2.1 e 2.2, admitindo o tempo de reabastecimento constante. Neste caso, o condutor de empilhador reabastece o

supermercado e é também ele quem retira o material do supermercado para a linha. Na Tabela 21 estão apresentados os fatores que influenciaram o cálculo do stock de segurança e o nível de reaprovisionamento, bem como o resultado dos mesmos.

Tabela 21 - Cálculo do nível de reaprovisionamento do supermercado 2

<i>Material</i>	<i>Tempo de reposição (minutos)</i>	<i>k</i>	<i>Variância da procura</i>	<i>Stock de Segurança</i>	<i>Nível de reaprovisionamento</i>
<b>63-01975</b>	30	2,33	57,61	18	54

Depois do dimensionamento do supermercado 2 relativamente aos separadores de cartão, calcularam-se os resultados que é possível obter com a diminuição de inventário. Aquando da entrega do presente relatório, a implementação não tinha sido ainda realizada. No entanto, relativamente aos separadores, a solução foi previamente estudada. A Tabela 22 apresenta os ganhos de inventário conseguidos com a implementação do supermercado 2, relativamente aos separadores usados no acondicionamento de paletes.

Tabela 22 - Redução do stock médio de separadores

<i>Stock médio de separadores</i>	
Antes 2151 unidades	Depois 200 unidades
<b>Redução de 90,7%</b>	

Assim, no que diz respeito aos separadores de cartão, a redução do nível de stock na fábrica com a implementação do supermercado 2 torna-se bastante significativa.

Esta solução não foi abrangida no modelo de simulação, por não estar ainda totalmente desenhada a construção do supermercado 2, dada a falta de fiabilidade dos dados. Para além disso, esta implementação não se verificou tão complexa, visto que, quem abastece o supermercado e retira material do mesmo é o próprio condutor de empilhador, não existindo por isso diferenças significativas no transporte, assumindo que o armazém se encontra próximo da fábrica.

#### 4.4 Pesagem de retornos

O problema dos retornos foi apresentado e detalhado na seção 3.6, tendo sido apresentadas as suas principais consequências. De facto, foram verificados grandes desvios nos retornos feitos pelo operador relativamente à quantidade real do balote de retorno. Estes desvios provocam ordens de produção na litografia desnecessárias (no caso de se registar uma quantidade menor que a real) ou paragens de ordens de fabrico por falta de material intermédio produzido (no caso de se registar uma quantidade maior que a real).

Com o objetivo de eliminar este tipo de problemas, bem como a entropia causada no sistema quando estes desvios ocorrem, foi desenvolvido um método que tenta eliminar as causas de erros associados a este processo. Deste modo, pensou-se que um sistema de pesagem seria mais preciso e mais rápido na ótica do operador.

Em conjunto com a equipa de programadores do programa SAP da empresa, foi desenvolvido um sistema que tenha na base de dados todas as dimensões possíveis para cada corpo da lata (folha-de-flandres). Foram retirados dados de cada tipo de folha vendida pela Colep, para que tudo fique registado no sistema. Associado a cada ordem existe também o tipo de folha usado, sendo possível ter a informação da espessura da mesma. Com as dimensões de largura,

comprimento, espessura e densidade da folha-de-flandres é possível determinar com precisão o peso de cada folha litografada.

No entanto, esta informação não é suficiente para determinar o número de folhas existente num balote, sendo necessário ter também em consideração que a folha está apoiada numa paleta ou estrado de madeira. A dificuldade está no facto de existirem várias referências de estrados possíveis e nem sempre o estrado que está associado a uma ordem é o utilizado pelo operador. Assim, surgiu a necessidade de existir na interface um campo destinado à escolha do estrado e o registo do peso de todos os estrados no sistema (botão F9 da Figura 41). Para ser fácil o acesso para o operador, foi criada uma interface visual relativamente à disposição dos estrados (Figura 41).

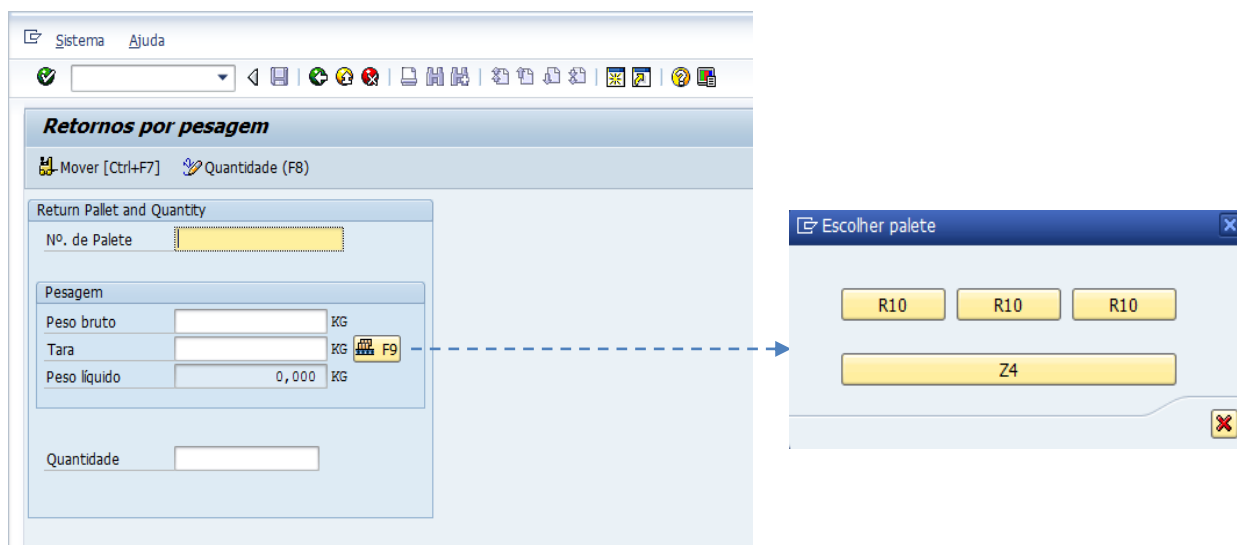


Figura 41 - Interface de pesagem dos retornos para o operador

Foi proposto que a balança seja implementada num tapete por onde passam todos os balotes de folha-de-flandres, antes de entrarem no armazém de produto intermédio. Esta balança estaria diretamente ligada ao sistema que, através das escolhas do operador relativamente ao estrado usado, introduziria automaticamente o número de folhas de retorno existentes no balote.

Dada a complexidade na implementação técnica desta solução, não se conseguiu concluí-la até ao momento presente. No entanto, acredita-se que esta solução será revolucionária nos problemas de quantidades de material registadas no sistema de gestão de materiais da empresa, diminuindo assim as consequências derivadas deste problema: produção de ordens em excesso na litografia quando o sistema assume um número menor de folhas ou paragem de ordens de montagem de aerossóis quando o sistema assume que existem mais folhas que na realidade. Consegue-se ainda automatizar o processo e, por isso, torna-se mais rápida a realização de retornos e reduz-se o desperdício a nível de operações da responsabilidade do operador da linha.

#### 4.5 Síntese

Ao longo da presente secção foram abordadas as diferentes soluções que foram desenhadas, tendo em conta os problemas identificados na análise inicial do problema. Deste modo, e para se concluir como foram solucionados os principais desperdícios e problemas, apresenta-se na Tabela 23 uma síntese das principais soluções encontradas para os problemas identificados.

Tabela 23 - Síntese das soluções

<i><b>Tipo de problema</b></i>	<i><b>Problema</b></i>	<i><b>Solução</b></i>
<b>Muda de Espera</b>	Paragem de linhas por falhas no transporte de material	Sistema Kanban
<b>Muda de Movimento</b>	Ordens de fabrico longe das linhas	Sequenciador
	Excesso de movimentos no acondicionamento de paletes	Carrinho
<b>Muda de Transporte</b>	Várias deslocações realizadas sem suporte para transportar cartões para a linha	Supermercado
		Carrinho
<b>Muda de Inventário</b>	Excesso de stock de cartões na fábrica	Supermercado
		Sistema Kanban para cartões
<b>Problema de retornos</b>	Retornos mal realizados pelo operador	Pesagem automática de retornos

Para além dos resultados medidos, é também importante ter em consideração que a diminuição da entropia e as melhorias significativas a nível de organização da fábrica foram um ponto importante na obtenção de resultados e revelaram-se igualmente importantes após o redesenho de alguns processos.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Num mundo empresarial cada vez mais competitivo, a redução de atividades de valor não-acrescentado, que se traduzem em desperdícios para as empresas, é determinante para o seu bom desempenho e redução de custos. Recorrendo a algumas análises, as empresas podem identificar os seus principais desperdícios e identificar algumas ferramentas originárias do pensamento *lean* que permitam a sua redução. Deste modo, tornam-se capazes de usar a informação mais pertinente para redesenharem alguns dos principais processos diários.

Neste sentido, a Colep Portugal S.A. viu neste projeto uma excelente oportunidade para reduzir os desperdícios mais significativos numa área de produção responsável pela montagem do principal produto comercializado pela empresa - os aerossóis. Este processo de montagem tem uma grande complexidade devido ao nível de personalização necessário para cada cliente na montagem do produto acabado.

O projeto revelou-se essencial, numa primeira fase, para a empresa poder ter a quantificação dos principais problemas nesta área produtiva e, numa segunda fase, para os desperdícios e problemas serem reduzidos. O contacto com os responsáveis, bem como com os operadores que trabalham diariamente na fábrica, revelou-se essencial durante todo o projeto, tanto para identificar problemas como para colaborar na implementação das soluções desenhadas.

Foram desenvolvidas algumas ferramentas para a medição dos problemas, tendo-se encontrado alguns problemas classificados como *muda* de movimento, *muda* de transporte, *muda* de inventário e *muda* de espera. Foi ainda identificado um problema com um grande impacto para a organização – o problema dos retornos. Para cada um destes problemas identificados foram propostas soluções de melhoria que passaram por implementar algumas ferramentas *lean* aplicadas ao contexto empresarial: *kanban*, supermercado, sequenciador de produção e bordo de linha. Outras soluções específicas do problema foram desenvolvidas, tendo em conta as análises previamente realizadas.

O projeto foi concluído com sucesso, tendo sido implementado inicialmente sempre em linhas piloto para testar a viabilidade das soluções. O uso de um programa de simulação revelou-se importante para perceber a viabilidade de outras possíveis soluções a longo prazo, assegurando aos responsáveis, com alguma certeza, que as soluções desenhadas não iriam causar uma maior entropia no sistema.

Relativamente a trabalhos futuros, foram identificados dois pontos principais que são desenvolvidos de seguida:

1. Alteração do modo como é usado o sistema de informação da empresa;
2. Estudo de uma possível implementação de um comboio logístico.

Aquando do início do projeto, foram previamente detetadas algumas falhas no registo de dados no sistema de informação adotado pela empresa – sistema SAP. Surgiram dificuldades em perceber a fiabilidade de alguns dados que o sistema apresentava, por ser difícil ter a perceção de como o sistema era utilizado em algumas áreas que influenciavam diretamente o fluxo de material e informação na área dos aerossóis. Essa dificuldade tentou ser contornada

com o contacto com os diferentes departamentos para ser possível identificar as informações que representariam, de um modo mais correto, a realidade da empresa. Note-se que podem existir várias causas para as falhas que o sistema apresenta na empresa, tal como demonstra o exemplo das falhas no registo de retornos de material detetadas na análise inicial do problema. No entanto, apesar desta dificuldade, apenas se tiveram em conta os dados que se verificaram ser fiáveis.

A nível de trabalhos futuros, é proposta uma melhoria relativa ao modo como o sistema de informação é usado na empresa. As máquinas e as pessoas são por vezes imprevisíveis e alteram o funcionamento correto do processo e, por isso, tem de existir uma preparação do sistema para que todos esses registos e alterações feitas na prática sejam igualmente registadas nos dados introduzidos no sistema. Numa empresa com a dimensão da Colep, o sistema de informação é o método mais eficiente de contacto entre as diversas áreas, desde a receção de matéria-prima à expedição do produto acabado. Desta forma, este deve ser respeitado e tido em consideração em todas as decisões que forem tomadas ou alterações que sejam efetuadas. É importante consciencializar todas as pessoas que têm contacto direto com o sistema acerca das consequências que são originárias de uma utilização incorreta do sistema de informação.

Relativamente ao segundo ponto, durante o desenho de possíveis soluções para os problemas e desperdícios analisados, foi imediatamente considerada a hipótese de criação de um comboio logístico responsável por abastecer e retirar material das seis linhas de montagem de aerossóis. Este comboio teria rotas e períodos definidos consoante a necessidade de material nas linhas de montagem. No entanto, esta solução revelou-se inapropriada no modelo de gestão de produto intermédio existente na empresa. Em primeiro lugar, o sistema de abastecimento às linhas de montagem é feito de acordo com uma ordem de fabrico e, por isso, as necessidades de material nas linhas variam de acordo com o tamanho das ordens. Torna-se, por isso, impossível definir um período fixo de passagem nas linhas de montagem para abastecer a linha e retirar material para retorno ou contentores vazios. Para além da dificuldade associada ao desenho de rotas e definição de um período para um comboio logístico na zona de embalagens de aerossóis, existia ainda um constrangimento associado ao material transportado para a linha. A folha-de-flandres, material que é utilizado como matéria-prima para a construção de um aerossol, é muito pesada, sendo que um balote pode mesmo ultrapassar uma tonelada. Esta característica dificulta a construção de um comboio logístico capaz de transportar várias quantidades deste material para as diferentes ordens de produção nas diferentes linhas de montagem. Aliado à dificuldade de conceção de um comboio com estas características, o *layout* atual das linhas de montagem não é o mais adequado. As linhas não foram implementadas simultaneamente e, por isso, algumas foram colocadas posteriormente, numa área disponível, independentemente da localização que seria mais adequada. Como não foi possível desenhar um *layout* ótimo aquando da implementação das linhas de produção desta zona de montagem, o início de duas das linhas de montagem estão consideravelmente afastadas das restantes quatro, o que provoca alguma ineficiência no fluxo. Para além disso, os corredores existentes entre as linhas de montagem são pequenos, não permitindo que um comboio logístico com as dimensões que seriam desejadas conseguisse circular facilmente, tendo em consideração o *layout* presente na montagem de embalagens de aerossóis. Posto isto, e dados os constrangimentos apresentados na implementação de um comboio logístico, foram propostas algumas considerações a ter em conta no longo prazo. No futuro, poder-se-á analisar a possibilidade de ser contabilizado o material levado para a linha, podendo assim definir-se o transporte de material para um período de tempo, contrariamente ao transporte de material por ordem de fabrico. Para a implementação de um comboio logístico, será ainda necessário fazerem-se estudos acerca de materiais que pudessem ser utilizados para a construção de um comboio capaz de transportar material muito pesado para as linhas de montagem. Finalmente, uma mudança de *layout* facilitaria o percurso do comboio logístico, bem como tornaria as rotas necessárias muito mais eficientes.



Concluindo, este projeto cumpriu os objetivos propostos, tendo sido aprovadas as várias soluções apresentadas aos responsáveis da empresa. Garantindo a redução de desperdícios e problemas mais evidentes nesta área produtiva, o projeto foi finalizado e foram registadas algumas alterações positivas a ter em conta no futuro da gestão dos fluxos de montagem. A importância desde projeto incidiu principalmente nas implementações que foram conseguidas e nos resultados obtidos com as mesmas, mas também nas propostas de trabalhos futuros deixadas para posterior análise, que fazem com que os gestores se envolvam na melhoria dos processos que estão na base da criação de valor da empresa. Paralelamente, foi também instituída uma ferramenta de simulação na empresa, que, dada a sua versatilidade, pode estar na base de análises futuras e possíveis melhorias. A procura de indicadores e a quantificação dos problemas deixou claro como é importante a necessidade permanente de análise na obtenção de ganhos futuros.

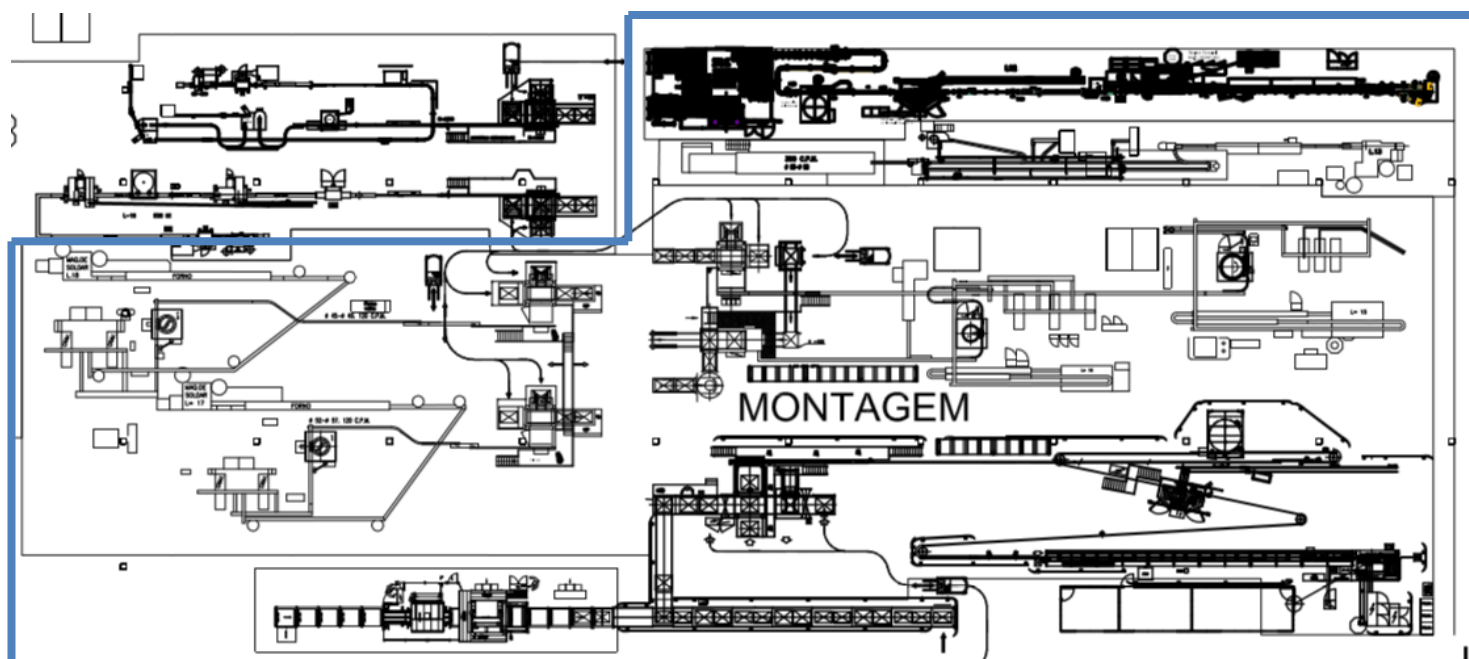
É cada vez mais necessária uma mudança de mentalidade e quebra de paradigmas, que permitam redesenhar modelos antigos e ineficientes. Esta atitude determinará seguramente mais um passo no sucesso da organização e permitirá avaliar o impacto na eficiência dos processos e na cultura operacional, após a implementação de metodologias *lean* e de outras soluções específicas adaptadas a problemas identificados pela própria empresa. A vontade de melhorar continuamente a organização está na base de qualquer conquista.

## Referências

- 4Lean. 2011. "Ferramentas Lean". [http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=pt](http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=pt). Acedido a 04/04/2015.
- Allen, Theodore T. 2011. *Introduction to Discrete Event Simulation and Agent-based Modeling*. USA: Springer.
- AnyLogic. 2000. "Multimethod simulation software". <http://www.anylogic.com/>. Acedido a 20/03/2015.
- Bandyopadhyay, Susmita e Ranjan Bhattacharya. 2014. *Discrete and Continuous Simulation - Theory and Practice*. Florida: CRC Press.
- Brito, António Carvalho. 2015. Simulation: Ilusion or Reality? FEUP.
- Cachon, Gerard e Christian Terwiesch. 2012. *Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management*. London: McGraw-Hill.
- Coimbra, Euclides. 2013. *Kaizen In Logistics And Supply Chains*. Europe: MCGRAW-HILL.
- Faria, José A. 2013. Análise e Modelação de Processos de Negócio - Mapas de Processos. FEUP.
- Guedes, Alcíbiades Paulo. 2006. Planeamento Integrado & Gestão de Stocks.
- Huttmeir, A., S. Treville, A. Ackere, L. Monnier e J. Prenninger. 2009. "Trading off between heijunka and just-in-sequence". *International Journal of Production Economics*.
- Jones, Daniel. 2004. "Lean Beyond Manufacturing". <http://www.leanuk.org/article-pages/articles/2004/january/01/lean-beyond-manufacturing.aspx>. Acedido a 15/04/2015.
- Lander, E. e J.K. Liker. 2007. "The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way". *International Journal of Production Research* no. 45.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. United States of America: McGraw-Hill.
- Lopes, José Álvaro Assis. 2013. *Simulação Discreta de Sistemas de Gestão*. Lisboa: Monitor.
- Marchetti, Bruna. 2012. "Rapidez e Agilidade: Aumento da Produtividade". <http://blog.br.kaizen.com/tag/operador-logistico/>. Acedido a 04/04/2015.
- Monden, Yasuhiro. 1993. "Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time".
- Nomura, J. e S. Takakuwa. 2006. "OPTIMIZATION OF A NUMBER OF CONTAINERS FOR ASSEMBLY LINES: THE FIXED-COURSE PICK-UP SYSTEM". *International Journal of Simulation Modelling*.

- O'Dell, C. e C.J. Grayson. 1998. " If only we knew what we know now: identification and transfer of internal best practices.". *California Management Review*.
- Ohno, Taiichi. 1996. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Pinto, João Paulo. 2014. *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Venda do Pinheiro: Lidel
- Requeijo, J. F. G. e Zulema Lopes. 2008. *Qualidade e Planeamento e Controlo Estatístico do Processo*. FCt.
- Sargent, R.G. 2005. "Validation and verification of simulation models". Comunicação apresentada em Proceedings of the 2004 winter simulation conference.
- Sokovic, M., D. Pavletic e S. Fakinc. 2005. "Application of Six Sigma methodology for process design". *Journal of Materials Processing Technology*.
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho e S. Uchikawa. 1977. "Toyota production system and Kanban system: materialisation of just-in-time and respect-for-human system". *International Journal of Production Research* no. 15.
- Takeda, Hiroyuki. 2009. *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-in-Time Through Kaizen*. London and Philadelphia: Kogan Page.
- Toyota, Corporation. 1995-2015. "The origin of the Toyota Production System". [http://www.toyotaglobal.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/origin\\_of\\_the\\_toyota\\_production\\_system.html](http://www.toyotaglobal.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/origin_of_the_toyota_production_system.html). Acedido a 26/03/2015.

## ANEXO A: *Layout* da área da montagem de embalagens de aerossóis



## ANEXO B: Documento de classificação dos sete desperdícios

	Desperdício de espera	Desperdício de transporte	Desperdício de inventário	Desperdício de movimento	Desperdício de defeito	Desperdício de sobre-processamento	Desperdício de sobre-capacidade
1							
2							
3							
4							
Total							

## ANEXO C: *Checklist* para as linhas de montagem

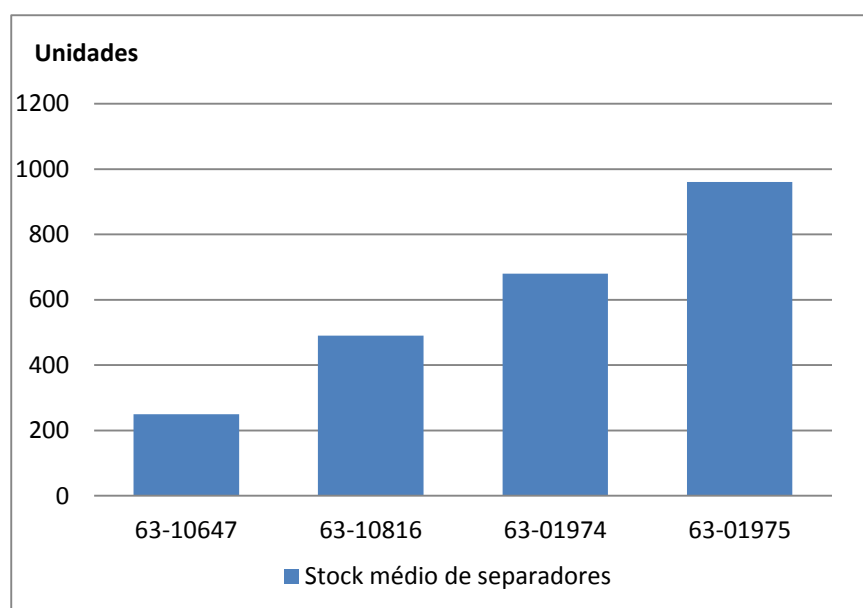
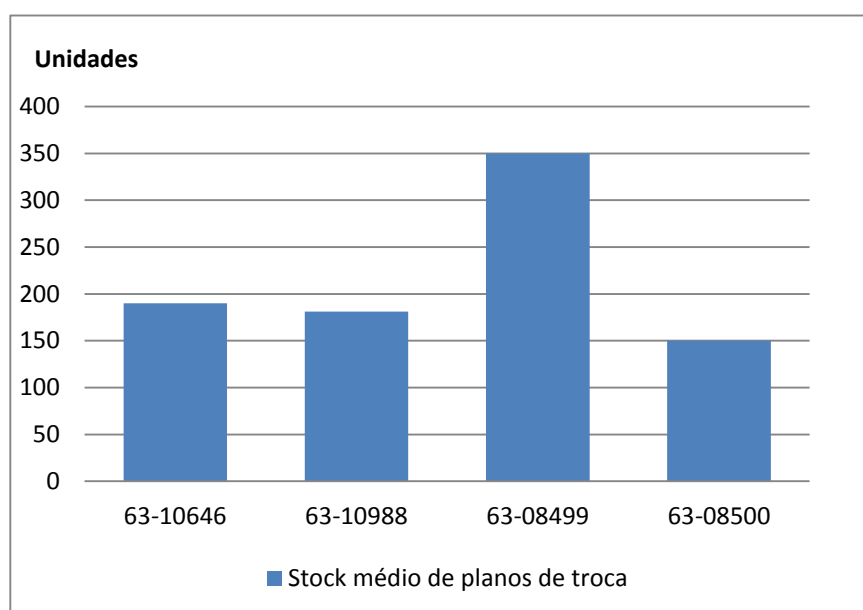
### Registo de paragens da Linha 27 por falta de aviamento

Paragem	Data	Turno	Motivo	Tempo Paragem
1	_ / _ /2015	<input type="checkbox"/> 6h-14h <input type="checkbox"/> 14h-22h <input type="checkbox"/> 22h-6h	<input type="checkbox"/> Falta de folha <input type="checkbox"/> Falta de cúpulas <input type="checkbox"/> Falta de fundos <input type="checkbox"/> Falta de cobre <input type="checkbox"/> Outro: _____	_____ minutos
2	_ / _ /2015	<input type="checkbox"/> 6h-14h <input type="checkbox"/> 14h-22h <input type="checkbox"/> 22h-6h	<input type="checkbox"/> Falta de folha <input type="checkbox"/> Falta de cúpulas <input type="checkbox"/> Falta de fundos <input type="checkbox"/> Falta de cobre <input type="checkbox"/> Outro: _____	_____ minutos

## ANEXO D: Exemplo de folha de excel alimentada ao simulador

	A	B	C	D	H	I	J	K	S
1	Ordem	Material	ItemLisTéc	DataNec.	Qtd.neces.	Qtd.retir.	Unidade	Denominação	Centro Trabalho
10	2000351531	63-11021	370	01.04.2014	92,025	92,02	UN	CANTOS CARTÃO 150X150X1100 MICRO DUPLO	32016
11	2000351531	63-10988	390	01.04.2014	23,019	23,02	UN	PLANO TROQ C/200MM ABA 1220X820 DUPLO	32016
23	2000351533	63-11021	370	01.04.2014	92,025	92,02	UN	CANTOS CARTÃO 150X150X1100 MICRO DUPLO	32016
24	2000351533	63-10988	390	01.04.2014	23,019	23,02	UN	PLANO TROQ C/200MM ABA 1220X820 DUPLO	32016
35	2000353169	63-00906	370	01.04.2014	88	88,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1200	32017
36	2000353169	63-08500	390	01.04.2014	22	22,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X800	32017
47	2000360325	63-00524	370	01.07.2014	4	4,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1350	32015
48	2000360325	63-00525	380	01.07.2014	4	4,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32015
49	2000360325	63-08499	390	01.07.2014	1	1,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X1000	32015
60	2000356423	63-00525	370	01.08.2014	56	56,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32015
61	2000356423	63-08500	390	01.08.2014	15	14,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X800	32015
73	2000359274	63-00525	370	01.08.2014	24	40,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32016
74	2000359274	63-00526	380	01.08.2014	20	40,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X900	32016
75	2000359274	63-08499	390	01.08.2014	10	9,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X1000	32016
86	2000359775	63-00525	370	01.08.2014	24	24,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32016
87	2000359775	63-08500	390	01.08.2014	6	6,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X800	32016
99	2000359785	63-00525	370	01.08.2014	24	36,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32015
100	2000359785	63-00526	380	01.08.2014	20	36,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X900	32015
101	2000359785	63-08499	390	01.08.2014	11	9,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X1000	32015
114	2000360211	63-00525	370	01.08.2014	20	36,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32016
115	2000360211	63-00526	380	01.08.2014	16	36,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X900	32016
116	2000360211	63-08499	390	01.08.2014	9	8,00	UN	PLANO TROQ TC C/70MM ABA 1200X1000	32016
127	2000360732	63-00525	370	01.08.2014	56	56,00	UN	CANTOS EM CARTÃO 150X150X1100	32015

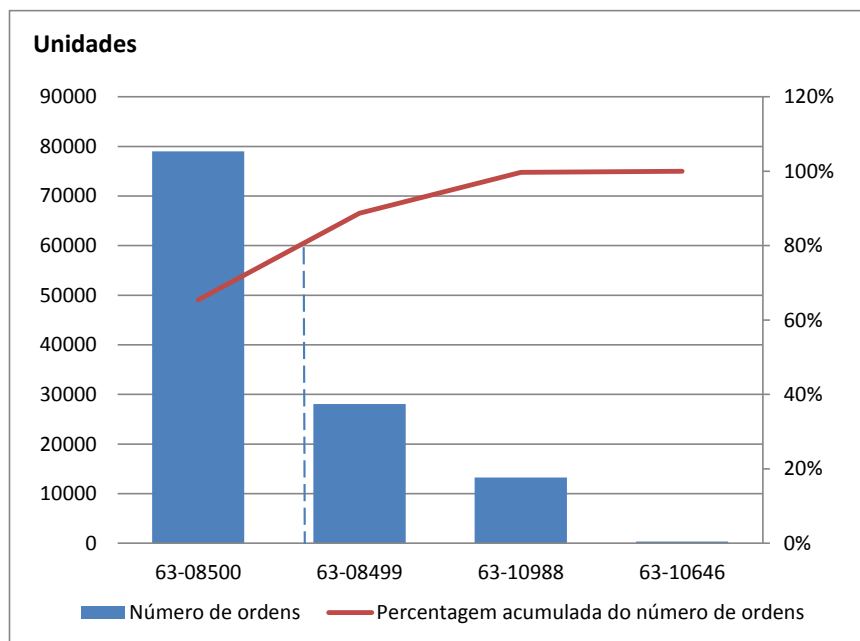
## ANEXO E: Stock médio de inventário



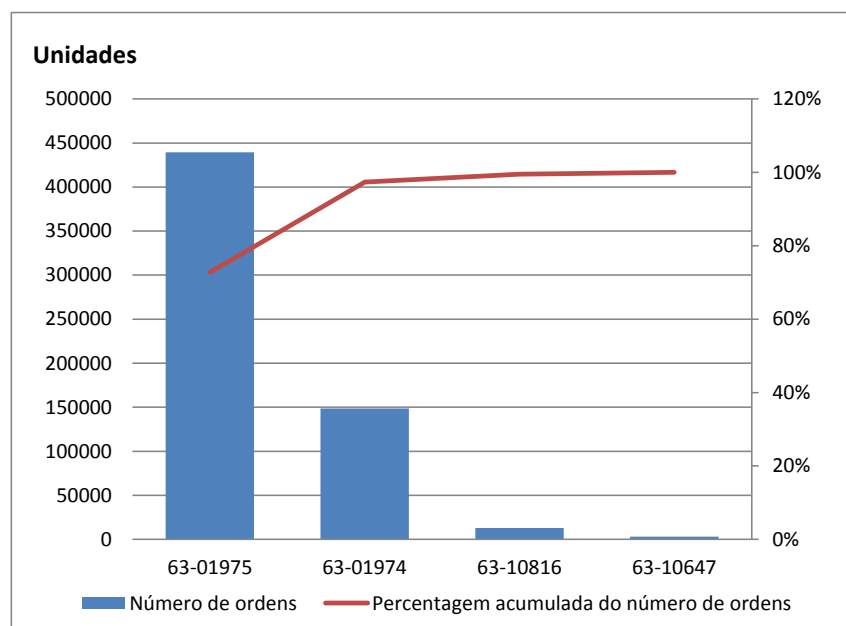


## ANEXO F: Análises de Pareto

### Planos de Troca



### Separadores



## ANEXO G: Folha de registos de retornos

Número palette	Código Material	Peso Rótulo	Peso Balança	Peso do Estrado	Peso de uma folha

## ANEXO H: Instrução de trabalho

	<b>Instrução de trabalho – Implementação do Supermercado</b>
<div data-bbox="320 725 716 1021"></div> <div data-bbox="320 1039 716 1335"></div>	<p><u> Materiais no Supermercado </u></p> <p><b>Cantos:</b> 63-00525; 63-00523; 63-00906; 63-00524 <b>Planos de Troca:</b> 63-08500; 63-08499</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Verificar se o material pedido se encontra no supermercado</li><li>2. Se o material não se encontrar no supermercado, colocar cartão do material no suporte</li></ol>
Montagem de aerossóis	Zona dos paletizadores das linhas 12, 15, 16, 17, 18 e 27

## ANEXO I: Desenho 2D do carrinho

